

**UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

## **Estimativa de Impactes Ambientais Gerados pela Despoluição de Águas Residuais**

Ana Filipa Correia Mina Baía Fernandes

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova  
de Lisboa para a obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientador: Professor Doutor Fernando José Pires Santana

Lisboa

2008



**Aos meus Pais**



## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor Fernando Santana gostaria de prestar os meus agradecimentos, não só pela orientação e sugestões partilhadas durante a realização desta dissertação, mas também pelo apoio e motivação desde sempre demonstradas.

À Professora Doutora Leonor Amaral, agradeço a total disponibilidade e apoio demonstrados na realização de contactos importantes e sugestões para o desenvolvimento desta dissertação.

À Engenheira Maria Isabel Bronze, responsável da ETAR de Chelas, presto os meus agradecimentos pela enorme disponibilidade no fornecimento de informação crucial a esta dissertação, sem a qual teria sido muito difícil concretizar os objectivos a que me propus.

Não posso deixar de agradecer ao Engenheiro José Sardinha e à Engenheira Lisete Epifâneo, pelo fornecimento de dados essenciais a este trabalho e pela prontidão e disponibilidade demonstradas.

À Elizabete Carreira, Celma Padamo e Sónia Ferreira, pela simpatia e disponibilidade com que sempre me receberam no Conselho Directivo.

Aos meus colegas e amigos, em especial à minha amiga Joana Barbosa, Rita Matos, Lara Reis, Helder Rodrigues e Patrícia Matias, pelo apoio mútuos, companheirismo e amizade sempre partilhada e fortalecida.

Ao Ricardo, agradeço o amor, amizade, carinho e apoio constantes.

Presto os meus profundos agradecimentos aos meus Pais, que sempre me apoiaram e incentivaram, acreditando em mim e no meu trabalho.



## Sumário

A presente dissertação teve como objectivo estimar e quantificar os impactes ambientais gerados pelo tratamento de águas residuais numa ETAR, pretendendo-se compreender a sua expressão em termos nacionais e repercussões a nível global.

Deste modo, procedeu-se à recolha de dados caracterizadores dos fluxos materiais envolvidos numa ETAR, efectuando-se a sua conversão para o referencial de 1 000 habitantes/ano.

Paralelamente, caracterizou-se a situação nacional no que respeita ao tratamento de águas residuais, infra-estruturas existentes e sua distribuição no território.

No sentido de analisar globalmente os impactes estimados efectuou-se o cálculo da Pegada Ecológica relativa às emissões atmosféricas associadas ao tratamento de águas residuais.

Os resultados obtidos revelaram que os impactes inerentes ao funcionamento de uma ETAR se estendem a diversos domínios, tais como consumos energéticos, produção de subprodutos com importância a nível de reutilização, emissões atmosféricas e acústicas, qualidade da água superficial e subterrânea.

Atendendo à distribuição espacial das infra-estruturas em território nacional, concluiu-se que as regiões do Tejo, Douro e Mondego possuem o maior número de ETAR e que, é também nestas regiões que o tratamento de águas residuais apresenta um grau superior. Assim, os impactes gerados assumem maior expressão nestas regiões, embora a nível de qualidade do meio receptor, os impactes sejam menos significativos do que noutras regiões onde o grau de tratamento praticado é inferior.

O cálculo da pegada ecológica permitiu verificar que a área resultante das emissões atmosféricas geradas no tratamento de águas residuais, em aproximadamente um ano, excederá a área do território nacional.





## **Abstract**

This work aimed to estimate and quantify the environmental impacts related to wastewater treatment systems and comprehend its global expression.

Thus, the collection of data that characterize material flows involved in a wastewater treatment plant was made, making up its conversion to 1 000 inhabitant per year.

At the same time, the national situation was characterized regarding to the type of wastewater treatment existing infrastructures and its distribution in the territory.

In order to comprehend the global expression of the estimated impacts, an ecological footprint was achieved, based on atmospheric emissions associated with a wastewater treatment plant.

The results showed that the impact inherent to the operation of a plant extends to various areas such as energy consumption, production of sub-standard products with a re-use importance, air and noise emissions, quality of surface water and groundwater.

According to the spatial distribution of these infrastructures in national territory, it was concluded that the regions of the Tejo, Douro and Mondego have the largest number of plant, which is also in these regions that the wastewater treatment has a higher grade.

Thus, the impacts generated assume greater expression in these regions, although in terms of quality of the receiving environment, the impact is less significant than in other regions, where the level of treatment is lower.

The ecological footprint obtained allowed to verify that this area will exceed, in approximately one year, the area of the national territory.



## ÍNDICE DE MATÉRIAS

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Enquadramento e definição do tema .....	1
1.2	Águas Residuais: origem e constituição .....	2
1.3	Importância do Tratamento de Águas Residuais .....	3
1.4	Definição do tipo de tratamento .....	5
1.5	Evolução dos sistemas de tratamento de Águas Residuais .....	7
1.6	Esquema de tratamento .....	7
1.7	Contexto e evolução recente do Tratamento de Águas Residuais .....	10
	na Europa .....	10
1.8	Evolução do Tratamento de Águas Residuais a nível nacional .....	10
1.9	Importância e evolução da Avaliação de Impactes Ambientais .....	16
1.10	Principais impactes associados a uma ETAR .....	18
1.11	Abordagem na minimização de impactes .....	26
1.12	Importância da ferramenta Pegada Ecológica .....	31
2	OBJECTIVOS .....	33
3	PLANO DE TRABALHO .....	35
3.1	Metodologia .....	36
3.1.1	Estimativa de impactes gerados no tratamento de águas residuais .....	36
3.1.2	Quantificação dos impactes globais gerados – Cálculo da Pegada Ecológica ..	39
3.1.3	Aplicação da estimativa de impactes à situação nacional .....	40
4.	RESULTADOS.....	41
4.1.	Estimativa dos impactes ambientais gerados .....	41
4.2.	Quantificação dos impactes globais gerados – Cálculo da Pegada Ecológica.....	46
4.3.	Aplicação da estimativa de impactes à situação nacional .....	47
4.3.1.	Caracterização da situação nacional .....	47
4.3.2.	Adaptação dos impactes estimados à situação nacional .....	51
5.	DISCUSSÃO.....	59
6.	CONCLUSÃO .....	71
7.	PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO DO TEMA.....	75
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77
	Anexos .....	81
	Anexo I .....	82



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Evolução do padrão de tratamento de águas residuais na Europa.....	10
Figura 1.2 – Representação esquemática de impacte ambiental (Melo, 2006).....	17
Figura 1.3 – Evolução temporal da Pegada Ecológica Humana (Footprint Network, 2007) .....	31
Figura 3.1 – Fluxograma representativo do Plano de Trabalho .....	35
Figura 4.1 – Fluxos materiais associados a uma ETAR de tratamento terciário .....	43
Figura 4.2 – Estimativa das emissões atmosféricas decorrentes do consumo energético implicado no tratamento primário de águas residuais .....	45
Figura 4.3 – Estimativa das emissões atmosféricas decorrentes do consumo energético implicado no tratamento secundário de águas residuais.....	45
Figura 4.4 – População servida de acordo com o grau de tratamento de águas residuais praticado por região hidrográfica .....	48
Figura 4.5 – Representação gráfica do número de ETAR existente por região hidrográfica de acordo com o grau de tratamento .....	49
Figura 4.6 – Representação gráfica da carga orgânica afluente e rejeitada por região hidrográfica .....	50
Figura 4.7. – Estimativa da produção diária de lamas em território nacional .....	51
Figura 4.8 – Emissões atmosféricas geradas em cada região hidrográfica e de acordo com o grau de tratamento praticado .....	53
Figura 4.9 – Área de Pegada Ecológica associada a cada região hidrográfica .....	55
Figura 5.1 – Análise de custos de energia e de emissões de CO <sub>2</sub> .....	62
Figura 5.2 – Comparação da área de cada região hidrográfica com a respectiva área de Pegada Ecológica .....	63



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Volume de água residual produzido em diferentes sectores de actividade (INSAAR,2005) .....	3
Tabela 1.2 – Normas de descarga de águas residuais urbanas (Decreto-Lei n.º152/97, de 19 de Junho) .....	14
Tabela 1.3 - Situação de funcionamento de ETAR a nível nacional (INSAAR, 2005) .....	16
Tabela 3.1 – Valores dos Potenciais de Aquecimento Global .....	38
Tabela 4.1 – Dados utilizados para a estimativa de impactes .....	41
Tabela 4.2 – Valores de emissões atmosféricas anuais relativos ao funcionamento de uma ETAR .....	41
Tabela 4.3 – Valores de emissões atmosféricas anuais de CO <sub>2</sub> equivalente associadas à produção de energia .....	42
Tabela 4.4 – Valores de emissões atmosféricas de CO <sub>2</sub> equivalente associadas ao tratamento secundário .....	44
Tabela 4.5 – Valores de emissões atmosféricas de CO <sub>2</sub> equivalente associadas ao tratamento primário .....	44
Tabela 4.6 – Consumos de energia de alguns equipamentos e etapas de tratamento .....	46
Tabela 4.7 – Área da Pegada Ecológica de acordo com o grau de tratamento praticado .....	46
Tabela 4.8 – Índices de população servida por tratamento de águas residuais em cada região hidrográfica .....	47
Tabela 4.9 – Número de ETAR existente atendendo à respectiva dimensão e grau de tratamento praticado .....	49
Tabela 4.10 – Consumo anual de energia decorrente do tratamento primário, secundário e terciário praticado em cada região hidrográfica .....	52
Tabela 4.11 – Total de emissões atmosféricas geradas de acordo com o grau de tratamento praticado .....	52
Tabela 4.12 – Área total de Pegada Ecológica atendendo ao grau de tratamento realizado .....	54

Tabela 4.13 – Área de Pegada Ecológica de cada região, correspondente ao tratamento primário .....	54
Tabela 4.14 – Área de Pegada Ecológica de cada região, correspondente ao tratamento secundário .....	54
Tabela 4.15 – Área de Pegada Ecológica de cada região, correspondente ao tratamento terciário .....	54
Tabela 4.16 – Quantificação dos impactes gerados pelos vários graus de tratamento .....	56
Tabela 4.17 – Balanço dos impactes gerados e evitados pelo tratamento de águas residuais em cada região hidrográfica .....	57
Tabela 5.1 – Impactes locais e globais associados ao tratamento de águas Residuais .....	66



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento e definição do tema

A evolução do mundo e da humanidade passou por diferentes estágios de que resultaram mudanças de hábitos e pensamentos, surgindo diversas problemáticas que ao longo do tempo foram encaradas e ultrapassadas sob diferentes perspectivas. Com o estabelecimento das comunidades durante longos períodos de tempo e com o progressivo abandono da cultura nómada, surgiu a necessidade de gerir a problemática dos resíduos produzidos, nomeadamente das águas residuais.

Com o crescimento da população mundial, o consumo de recursos é cada vez mais significativo resultando num aumento de produção de resíduos, emissões atmosféricas e águas residuais. Actualmente, a produção de águas residuais apresenta um valor bastante elevado, assim como as cargas orgânicas associadas, fruto do actual padrão de vida de grande parte da população que reside nos grandes aglomerados. No entanto, nas situações de elevados consumos de água, as cargas orgânicas produzidas apresentam-se obviamente, menos concentradas.

Segundo dados recentemente divulgados pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 2025, cerca de 60% da população mundial viverá em regiões de escassez de água, caso se mantenha o actual ritmo de consumo. O decréscimo da quantidade de origens de água para consumo humano potencia a possibilidade de reutilizar águas com outras origens, para abastecimento público. Neste sentido, a optimização de processos tecnológicos reveste-se de grande importância, permitindo melhorar a gestão e aproveitamento de recursos cada vez menos disponíveis.

O tema abordado neste trabalho centra-se na problemática do tratamento de águas residuais, enquanto meio de despoluição mas também como fonte de inúmeros impactes. Se, por um lado, o tratamento de águas residuais constitui um processo essencial no equilíbrio ambiental, por outro lado este também representa um elevado consumo de recursos e de energia, bem como de produção de resíduos e emissões.

A estimativa e compreensão destes impactes surgem assim com grande importância, numa altura em que se discutem estratégias de poupança energética e minimização de impactes ambientais.

## 1.2 Águas Residuais: origem e constituição

A todas as comunidades associa-se uma produção diária de resíduos sólidos, líquidos e emissões atmosféricas. A água que transporta os resíduos gerados em habitações, estabelecimentos comerciais, indústrias e outras entidades constitui a água residual. Nesta água existem sólidos suspensos ou dissolvidos podendo incorporar também ocorrências superficiais ou águas subterrâneas.

Assim e especificando, afluem a uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR) águas provenientes das mais diversas origens, tais como: utilização doméstica em higiene, alimentação, limpezas; utilização em processos industriais, como águas de processo, de arrefecimento e como resíduo dos próprios processos; produção agrícola e agro-alimentar; fossas sépticas ou ligações particulares ilegais à rede de drenagem. Consoante a tipologia da rede de drenagem de águas residuais, poder-se-á também considerar a contribuição das águas pluviais ou de águas de lavagem de ruas, a qual arrasta óleos, metais, resíduos de combustível, borracha ou matéria orgânica, que serão igualmente transportados até à ETAR.

Assim, e como definido no Decreto-Lei nº 152/97 as águas residuais classificam-se em:

*Águas residuais urbanas:* águas residuais domésticas ou a mistura de águas residuais domésticas com águas residuais industriais e/ou águas de escoamento pluvial;

*Águas residuais domésticas:* águas residuais de serviços e instalações residenciais e essencialmente provenientes do metabolismo humano e de actividades domésticas;

*Águas residuais industriais:* todas as águas residuais provenientes de instalações utilizadas para todo o tipo de comércio ou indústria que não sejam de origem doméstica ou de escoamento pluvial.

Dada a diversidade de proveniências das águas residuais, a sua composição é variável, sendo que a sua constituição, no essencial inclui: matéria orgânica (fezes, urina, restos de comida, fibras de papel, húmus, entre outros), material orgânico dissolvido (ureia, proteínas solúveis, medicamentos, açúcares, etc.), partículas inorgânicas insolúveis (areias, partículas de metais, madeira, entre outros) e solúveis (como amónia, cianeto, tiocianetos, tiosulfatos, sulfito de hidrogénio) sólidos/elementos de maiores dimensões, patogénicos como vírus e bactérias, protistas, helmintas, emulsões, produtos tóxicos como pesticidas e herbicidas, ou mesmo constituintes gasosos como oxigénio, óxido e dióxido de enxofre e metano (Arvin e Henze, 2001).

Em geral, a composição média de águas residuais domésticas pode descrever-se pelos parâmetros e concentrações a seguir indicados (Metcalf and Eddy, 2003):

- Sólidos totais 700 mg/L
- Sólidos dissolvidos 500 mg/L
- Sólidos em suspensão 200 mg/L
  - fixos 50 mg/L
  - voláteis 150 mg/L
- Sólidos sedimentáveis 10ml/L
- CBO<sub>5</sub> 300 mg O<sub>2</sub>/L

Para cada habitante considera-se uma produção diária de água residual, capitação, que em Portugal Continental, em 2005, foi da ordem de 123 L/hab.dia em zonas urbanas, segundo o Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais (INSAAR), 2005.

Atendendo à contribuição dos vários sectores produtores de águas residuais, estima-se que, em 2005, os volumes produzidos fossem, aproximadamente os que são apresentados na Tabela 1.1.

**Tabela 1.1 - Volume de água residual produzido em diferentes sectores de actividade (INSAAR,2005)**

<b>Sector</b>	<b>Volume de água residual produzida ( m<sup>3</sup>)</b>
Doméstico	314 921 000
Industrial	7 136 000
Pecuário	400
Comércio/Serviços	9 830 000

### **1.3 Importância do Tratamento de Águas Residuais**

Atendendo à matéria orgânica, nutrientes, outros compostos ou elementos químicos bactérias e vírus presentes na constituição de uma água residual, o seu tratamento, reutilização e descarga no meio receptor são determinantes para a manutenção de um equilíbrio hídrico sustentável.

As águas residuais produzidas, ao acumularem-se nos colectores ou câmaras de recolha, tendem a entrar em condições de septicidade, ocorrendo decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigénio, o que leva a emissões de mau cheiro, associadas à produção de diversos gases perigosos.

Atendendo à presença de microrganismos patogénicos nas águas residuais, emergem problemas de saúde pública e segurança, caso estas águas sejam descarregadas nos meios receptores sem tratamento adequado. Deste modo, esta situação é grave pois muitos desses meios são utilizados para fins balneares e de recreio e para captação de água para consumo humano (Metcalf and Eddy, 2003). Por outro lado, a presença de determinadas bactérias e vírus nas águas residuais indevidamente descarregadas, pode implicar alterações do biota aquático com consequências para a biodiversidade local. A utilização de muitas lagoas, rios e águas costeiras tem sido impedida pela contaminação gerada por microrganismos presentes em águas residuais descarregadas. Fruto desta contaminação, gera-se uma degradação de habitats que reduz a diversidade e abundância de organismos aquáticos (Chambers et al, 1997). Esta situação repete-se nas mais variadas regiões.

No início dos anos 90 foram detectados alguns casos de alterações na maturação sexual das populações de peixes cujo habitat se situava a jusante de indústrias de polpa de papel, verificando-se alterações das suas características sexuais e modificações dos padrões de fecundação. Estas alterações do aparelho reprodutivo dos peixes foram associadas a modificações dos mecanismos de regulação endócrina que controlam a produção de hormonas, e que são afectadas pela presença de determinados compostos, desreguladores endócrinos, nas águas residuais. (Munkittrick et al, 1992)

Outro exemplo de consequências nocivas dos compostos desreguladores endócrinos presentes nas águas residuais, é o aumento do risco do desenvolvimento de doenças cancerígenas, como cancro da mama, quando existe contacto com o meio receptor em questão (Swartz et al, Silent Spring Institute).

Não só a presença de patogénicos nas águas residuais não tratadas constitui um problema para a qualidade dos meios receptores. A presença de nutrientes na água residual pode determinar indesejáveis fenómenos de eutrofização (Metcalf and Eddy, 2003). Com efeito, o enriquecimento do meio aquático com nutrientes, sobretudo com compostos de azoto e/ou de fósforo, provoca o crescimento acelerado de algas e de formas superiores de plantas aquáticas, potenciando o desenvolvimento de estados de eutrofização, que podem impedir a utilização destes meios como origens de água. Esta situação leva a uma perturbação do equilíbrio biológico e da qualidade da massa de água em causa. Assim, o aumento da disponibilidade de matéria orgânica e de nutrientes, resultantes da descarga de águas residuais, provoca um aumento da produtividade primária que pode originar um *bloom* de algas e de cianobactérias (Cruz e Braz, 2007).

A eutrofização pode também resultar, para além da descarga de águas residuais, de escorrências de campos agrícolas (que são muito ricas em nutrientes devido à utilização de

fertilizantes), descargas de efluentes industriais e a desflorestação. Todas elas provocam a libertação de grandes quantidades de nutrientes para os ecossistemas aquáticos, que ficam assim disponíveis para o crescimento do fitoplâncton. À medida que a produtividade do fitoplâncton aumenta, a transparência da água diminui, o que provoca uma diminuição na penetração da luz, afectando a restante comunidade de plantas aquáticas. Deste modo, a diversidade do habitat diminui, ocorrendo um decréscimo de refúgios e de alimento para muitos organismos, o que empobrece as comunidades existentes.

A capacidade de auto-purificação do sistema, isto é, o poder de reciclar a matéria orgânica é igualmente afectado, levando à acumulação de detritos e sedimentos. Numa fase posterior, a concentração de oxigénio vai diminuindo, bem como a profundidade de compensação (profundidade à qual o consumo de oxigénio iguala a sua produção). Assim, as espécies que não conseguem tolerar concentrações de oxigénio reduzidas tendem a desaparecer, havendo uma redução na biodiversidade.

A descarga de águas residuais no meio aquático motiva igualmente a poluição química e compromete a reciclagem de nutrientes importantes (Rechenburg et al, 2006). Assim, é de vital importância que sejam removidos sólidos, nutrientes, matéria orgânica, bactérias e vírus das águas residuais, de modo a não perturbar os usos e funções ecológicas dos meios receptores. Essa remoção é normalmente conseguida através do tratamento dessas águas em dispositivos apropriados.

#### **1.4 Definição do tipo de tratamento**

As ETAR constituem infra-estruturas especificamente criadas para despoluição de águas residuais, promovendo a protecção da saúde pública e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (apda, 2007).

A definição do tipo de tratamento a aplicar a uma água residual, bem como o dimensionamento da respectiva estação de tratamento, passa pela caracterização (qualitativa e quantitativa) do efluente bruto e da qualidade pretendida para o efluente tratado. A selecção do sistema de tratamento de águas residuais deve atender também aos custos de investimento, exploração e transporte inerente aos sistemas de drenagem e bombagem de águas residuais.

Para atingir as eficiências de tratamento pretendidas, define-se o esquema de tratamento mais adequado, dimensionando os respectivos órgãos e equipamentos.

Na avaliação qualitativa de uma água residual é importante conhecer as suas características físicas, químicas e biológicas, sendo necessário compreender a sua variação de comunidade para comunidade e em função da expressão dos componentes doméstico ou

industrial. Assim, em termos de parâmetros físicos é importante atender aos sólidos presentes no efluente e à temperatura. Os Sólidos Totais (ST) presentes podem incorporar os Sólidos Voláteis Totais (SVT), Sólidos Fixos Totais (SFT), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), (Metcalf e Eddy, 2003). Relativamente às características químicas destacam-se os parâmetros Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>), Carência Química de Oxigénio (CQO) e compostos orgânicos específicos. No que respeita às características químicas inorgânicas, é importante conhecer a amónia livre, azoto orgânico, nitritos, nitratos, azoto *kendjal* total, azoto total, fósforo, inorgânico e orgânico, pH, alcalinidade, cloretos, sulfatos, metais e compostos inorgânicos específicos. Por fim, e relativamente aos parâmetros biológicos, haverá que conhecer o teor de coliformes e de outros microrganismos específicos, para além de informação sobre toxicidade das águas residuais.

Normalmente, a caracterização de inclui apenas o teor de sólidos, CQO, CBO<sub>5</sub>, pH, azoto e fósforo e coliformes fecais. Uma análise mais detalhada, incluirá o teor de metais pesados, especiação de compostos orgânicos e especiação de nutrientes, entre outros (Metcalf & Eddy, 2003).

Em termos quantitativos, as águas residuais que afluem a uma ETAR variam de comunidade para comunidade, influenciadas por factores como, a dimensão do agregado populacional, clima, tipologia das habitações, qualidade e permanência do abastecimento, condição social e económica das populações e preço da água. A quantidade afluente é também sensível a variações diárias e sazonais.

No que respeita às características do efluente tratado deve-se atender à classificação da zona de descarga para que, deste modo, sejam cumpridos os valores limite dos parâmetros definidos na legislação, o que deverá acautelar o uso dos meios receptores. Conhecidas as eficiências de tratamento, poder-se-á definir o grau de tratamento necessário e, tendo presente os processos de depuração disponíveis, poder-se-á conhecer a linha de tratamento adequada.

Esta definição depende das características do efluente bruto, da qualidade exigida do efluente tratado, do custo e disponibilidade de terrenos e de pessoal especializado e qualificado, das condições de operação e manutenção e da possível evolução das normas de rejeição (Arvin and Henze, 2001).

## 1.5 Evolução dos sistemas de tratamento de Águas Residuais

Se numa fase remota, os detritos e resíduos produzidos eram eliminados via decomposição natural, com o crescimento das comunidades e com o desenvolvimento de aglomerados populacionais, emergiu a necessidade de desenvolver tecnologias específicas para o tratamento de águas residuais. Com o desenvolvimento urbano, as prioridades do tratamento de águas residuais modificaram-se e, se antes o objectivo do tratamento se centrava na minimização de riscos de saúde pública, mais recentemente privilegia-se a prevenção de problemas crónicos de saúde e os aspectos ambientais (Burks & Minnis, 1994:1).

No século XVI, as águas residuais eram simplesmente depositadas em rios. No século XVII surgem as primeiras leis proibindo a livre circulação de animais nas ruas e o despejo directo de águas residuais e lixo nas ruas e nos rios. Contudo, os passos mais significativos para o tratamento de águas residuais verificam-se no século XIX, nos Estados Unidos da América (EUA), com a invenção da fossa séptica, que é então amplamente utilizada, mas que apenas permitia eficiências de remoção muito reduzidas, sendo o efluente bruto directamente lançado em cursos de água. Deste modo, os problemas de poluição de água e saúde pública permaneciam sem solução (Kahn, 2000:135-136).

Nos finais do século XIX, foi desenvolvido o primeiro filtro de areia, utilizado como purificador de água proveniente de fossas sépticas.

Com a revolução industrial e com o crescente desenvolvimento populacional, estas soluções começaram a ser consideradas insuficientes, tendo potenciado a proliferação de algumas doenças. Surgiu assim a necessidade de desenvolver novas soluções que permitissem despoluir quantidades cada vez maiores de águas residuais.

Contudo, apenas no século XIX, surgem os primeiros métodos de tratamento biológico, com arejamento da água residual e remoção de nutrientes.

## 1.6 Esquema de tratamento

Dependendo do tipo de tratamento necessário para as águas residuais, assim se concebe o esquema de tratamento. Actualmente, e de uma maneira geral, o efluente sofre quatro tipos de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário ou de afinação.

O *tratamento preliminar*, consiste em processos físicos, principalmente para a remoção de sólidos de maiores dimensões e de areia. Esta remoção é feita com o objectivo de proteger o equipamentos e órgãos a jusante, evitando entupimentos e obstruções e permitindo assim prolongar a respectiva vida útil dos equipamentos, bem como assegurar o

seu desempenho e manutenção. Assim, para a remoção de sólidos grosseiros, dispõe-se de grades ou tamisadores, podendo as areias e gorduras ser removidas em canais próprios, onde condições de velocidade, arejamento e/ou agitação permitem a sua remoção. Os elementos removidos nesta fase poderão ser posteriormente enviados para aterro sanitário ou outro destino final adequado.

Em seguida, o efluente é sujeito a *tratamento primário*, onde se efectua a separação de sólidos suspensos, através de processos de sedimentação. Este processo exclusivamente físico pode, nalguns casos, ser reforçado pela adição de agentes químicos que, através de coagulação/floculação, possibilitam a obtenção de flocos de matéria poluente de maiores dimensões e assim mais facilmente decantáveis. Após este tratamento, prevalecem ainda sólidos dissolvidos, pelo que a sua remoção não é possível nesta etapa, sendo então o efluente sujeito a outra fase de tratamento. Os sólidos que sedimentaram na fase anterior (lamas primárias), são removidos para tratamento específico. O tratamento preliminar pode igualmente incluir pré-arejamento, equalização de caudal, neutralização e equalização antes da separação sólido-líquido.

A etapa seguinte, *tratamento secundário*, permite remover matéria orgânica solúvel da água residual, através da acção de microrganismos que a utilizam como substrato. Nesta remoção por via biológica, pode recorrer-se a sistemas de biomassa fixa, suspensa ou sistema de lagoas. Como exemplo de sistemas de biomassa fixa, destacam-se os leitos percoladores ou biodiscos, sendo os sistemas de biomassa suspensa, de que é exemplo o sistema de lamas activadas, talvez o método mais correntemente utilizado. Os sistemas mencionados operam em condições de aerobiose. No que respeita a soluções que operam em anaerobiose, destacam-se os que se baseiam em lagoas ou digestão anaeróbia (Arvin e Henze, 2001).

Após o tratamento biológico, segue-se uma etapa de separação dos flocos biológicos formados, através de decantação. Os sólidos decantados constituem as lamas biológicas que, tal como as primárias, seguem para a linha de tratamento da fase sólida, podendo ser paralelamente recirculadas, dependendo das necessidades e definição do sistema de operação. A remoção nesta fase pode atingir 95% (Metcalf & Eddy, 2003 e Arvin e Henze, 2001).

O tratamento da fase sólida pretende estabilizar as lamas, mineralizando-as, e removendo a água associada. Estes objectivos podem ser conseguidos através de digestão anaeróbia, espessamento e desidratação, podendo recorrer-se à dosagem de polielectrólito, para melhorar a separação da água presente nas lamas. A digestão anaeróbia de lamas constitui um processo de estabilização das lamas produzidas, que permite a redução do seu volume e o teor em matéria orgânica, obtendo-se biogás, que pode ser aproveitado para



produção energética (apda, 2007). A digestão anaeróbia pode ocorrer em digestores aquecidos ou a frio. Por fim, e atendendo à importância da valorização de lamas, procede-se ao seu transporte para destino final, geralmente, agricultura ou aterro sanitário. Quando aplicadas na agricultura, as lamas contribuem para o progressivo aumento do nível de matéria orgânica do solo, donde resultam efeitos positivos para o mesmo.

A composição e a qualidade das lamas geradas nestes processos dependem da composição das águas residuais de que provêm e da tecnologia utilizada no seu tratamento. Da sua constituição fazem parte substâncias orgânicas e minerais, bem como organismos patogénicos. Na generalidade dos casos, as lamas apresentam cerca de 70 a 80% de água. Em peso seco, as lamas contêm 50 a 70% de matéria orgânica, dependendo do grau de estabilização. Para além de nutrientes, as lamas podem conter substâncias indesejáveis, como metais pesados tais como, o cádmio, cobre, chumbo, mercúrio entre outros, existindo por isso um valor limite para a sua concentração tendo em vista a sua posterior utilização (Dias, 2004).

Atendendo às limitações das condições de descarga no meio receptor e a todos os problemas associados, na concepção actual de novas instalações de tratamento de águas residuais já se incluem processos de remoção de nutrientes.

Esta remoção de nutrientes é efectuada criando condições de anoxia e anaerobiose, que proporcionem um desenvolvimento bacteriano adaptado às necessidades de remoção de azoto e fósforo.

No que respeita ao tratamento terciário ou de afinação, destacam-se processos de filtração, osmose inversa, desinfecção, entre outros. A desinfecção do efluente pode realizar-se através de radiação Ultravioleta (UV), ozonização ou cloragem, entre outros processos, cada um apresentando limitações de aplicação específicas. Com a desinfecção do efluente final, não só se assegura uma descarga com menor impacte no meio receptor, como é facilitada a reutilização de água para consumo interno da estação ou para outros fins

(apda, 2007).

O tratamento de águas residuais pode incluir o tratamento dos gases gerados ao longo da linha de tratamento, através de processos de desodorização que se socorrem de lavagem química em contra corrente, através da adição de Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), Hipoclorito de Sódio (NaOCl) e Hidróxido de Sódio (NaOH). A desodorização pode igualmente ser efectuada através de adsorção em torres de carvão activado ou em biofiltros (Belli e Lisboa, 1999).

## 1.7 Contexto e evolução recente do Tratamento de Águas Residuais na Europa

O padrão de tratamento de águas residuais na Europa sofreu, ao longo das últimas décadas, algumas alterações, como se evidencia na Figura 1.1.

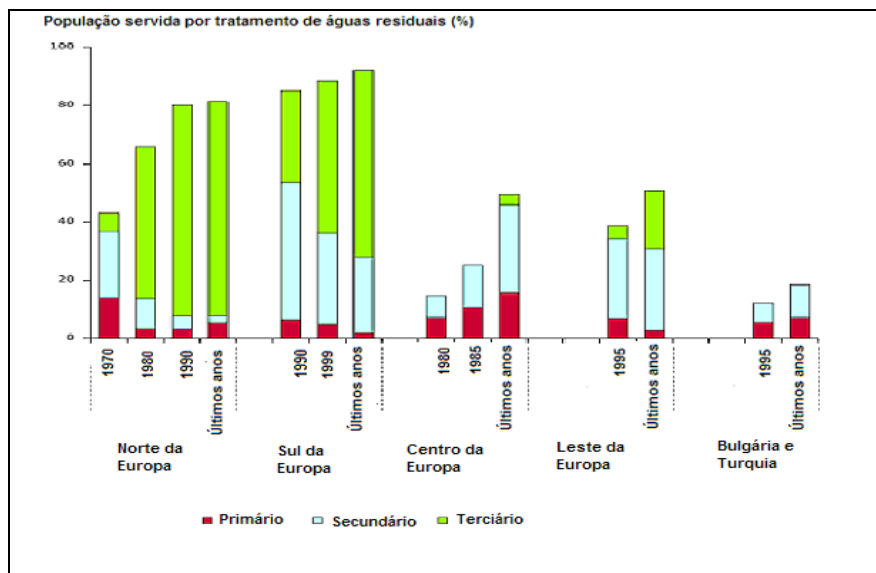


Figura 1.1 – Evolução do padrão de tratamento de águas residuais na Europa (Adaptado de European Environmental Agency, 2007)

A figura anterior permite observar que, quer no Norte, quer no Centro da Europa, uma grande percentagem da população é servida por saneamento de águas residuais.

Verifica-se que, nestas regiões, a utilização de tratamento terciário ganhou grande expressão nas últimas décadas, ultrapassando a utilização de tratamento secundário como último estágio de tratamento. Ao contrário, no Sul e Leste europeus, a população servida por sistemas de drenagem e tratamento é menor, predominando o recurso a tratamento secundário de águas residuais. Na Bulgária e Turquia, apenas uma pequena fracção da população é servida por saneamento de águas residuais, sendo que, só nos últimos anos é que o tratamento secundário sofreu alguma evolução.

## 1.8 Evolução do Tratamento de Águas Residuais a nível nacional

A situação nacional relativa à capacidade de saneamento de águas residuais sofreu algumas alterações durante a última década. No início dos anos 90, os níveis de atendimento de águas residuais apresentavam bastantes falhas. Em 1991, em média, apenas cerca de 20% da população se encontrava servida por tratamento de águas residuais, *segundo Costa et al, citado por Matos e Monteiro, (2003)*.

Em termos regionais, estes valores eram muito assimétricos, sendo que a região do Algarve apresentava cerca de 63% da população servida, enquanto que na região Norte apenas 8% da população era servida por tratamento de águas residuais. Relativamente às condições de funcionamento, *Costa et al. (1991) citado por Matos e Monteiro (2003)* referem que cerca de 70% das estações operavam em condições satisfatórias, apresentando-se 25% em condições de funcionamento deficientes e 5% em más condições.

Em 1994, ano do início da vigência do Plano de Desenvolvimento Regional, (PDR 1994-1999), os níveis de atendimento relativos ao tratamento de águas residuais assumiam um valor de 32%, *segundo o Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território (MAOT), 2000*. Contudo, uma parte significativa destas infra-estruturas funcionava ainda em condições de extrema precariedade. Verificou-se contudo que, durante o período de vigência do PDR, ocorreu uma transformação positiva dessa situação, dados os grandes investimentos realizados no sector, nomeadamente recorrendo a fundos comunitários disponibilizados pelo segundo Quadro Comunitário de Apoio (QCA II).

No final de 1999, os valores de atendimento em termos de drenagem e tratamento de águas residuais atingiam valores de 75% e 55% respectivamente, sendo que as estações de tratamento apresentavam uma capacidade correspondente a 70% da população. Apesar da evolução verificada num período inferior a 10 anos, alguns problemas estruturais continuavam por resolver, destacando-se o facto de predominarem os sistemas de pequena dimensão, de existir um deficiente funcionamento de uma parte significativa das infra-estruturas existentes, bem como o não cumprimento de objectivos de descarga no meio receptor por muitas instalações de tratamento. Adicionalmente, continuavam a verificar-se algumas assimetrias regionais em termos de população servida: no Algarve, a população servida por estações de tratamento atingia mais de 80%, enquanto no Norte este valor não ultrapassava os 50% no início do ano 2000 (Baptista et al, 2005).

Com a criação do Programa Operacional de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (MAOT, 2000-2006) foram identificados os seguintes aspectos negativos do saneamento de águas residuais: predominância de sistemas de pequena dimensão, com muitas soluções apenas ao nível do aglomerado populacional; deficiente funcionamento de infra-estruturas e controlo de qualidade, bem como o reduzido número de soluções integradas, incluindo reutilização de efluentes; défice de pessoal especializado na operação e manutenção dos sistemas e problemas na respectiva gestão.

No Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2000 – 2006 (PEAASAR) é dada especial importância às vantagens de empresarialização do sector, estabelecendo-se como principais linhas de acção a desenvolver, as seguintes:

- Ampliação de sistemas existentes e realização de novos;
- Promoção da garantia de quantidade e da qualidade das origens de água;
- Adequação e reabilitação de estações de tratamento;
- Promoção de soluções integradas;
- Reutilização de efluentes tratados;
- Promoção da poupança/uso eficiente da água;
- Formação técnica especializada.

Para a concretização dos seus objectivos, o Plano Estratégico elegeu a promoção de sistemas plurimunicipais ou seja *“um sistema (de abastecimento de água e, ou de saneamento de águas residuais) que serve mais de um município, constituindo o comportamento destes, em cada sistema, um todo com continuidade territorial”*, propondo a cobertura geral do Continente com sistemas plurimunicipais de abastecimento de água e, ou de saneamento de águas residuais. A proposta contempla cerca de 30 sistemas plurimunicipais, incluindo os 13 sistemas já criados (PEAASAR II, 2003).

De uma maneira geral, os problemas de saneamento existentes nas zonas urbanas consideradas são distintos relativamente aos que se levantam em zonas rurais do interior do país, *segundo Matos e Monteiro, 2003 citando Matos, 2002*.

No que se refere às zonas urbanas, os esforços devem ser dirigidos, em regra, para a reabilitação hidráulica, estrutural e ambiental dos sistemas, com controlo das excedências (em sistemas unitários ou pseudo-separativos), incidindo-se numa óptica de gestão integrada, com cobertura total das zonas urbanizadas através de sistemas centralizados de recolha de águas residuais e de tratamento.

Relativamente às zonas rurais do interior do País, visto apresentarem padrões de povoamento dispersos e dada a escassez de recursos económicos e de pessoal, a sustentabilidade dos sistemas obriga a uma análise de soluções descentralizadas de saneamento adaptadas à realidade local (Matos, 2006).

Segundo o PEAASAR I, em 2001, o incumprimento da Directiva 91/271/ CEE, do Conselho de 21 de Maio de 1991, era da ordem dos 38% tendo sido reduzido em 2004 para cerca de 16%, esperando-se que até 2008 as situações de incumprimento sejam resolvidas. Para o período de 2007 a 2013 foi criado o PEAASAR II, do qual constam os seguintes objectivos essenciais: universalidade, continuidade e qualidade do serviço, sustentabilidade do sector e protecção dos valores ambientais.

Verifica-se que muitos documentos relevantes, de transposição para o âmbito nacional, estão em fase final de preparação ou numa fase muito inicial de aplicação. Esta situação dificulta a elaboração de qualquer plano com incidência em domínios ambientais.

Um plano deve traduzir de forma clara um equilíbrio entre as diversas perspectivas técnica, económica e ambiental. Só deste modo será possível estimar os custos associados e os respectivos benefícios. Relativamente à protecção dos valores ambientais, o PEAASAR II contempla o domínio das boas práticas ambientais para a gestão integrada dos recursos hídricos, do uso eficiente da água e sua reutilização, da gestão das águas pluviais numa perspectiva ambiental e da gestão de lamas.

O Decreto-Lei n.º 348/98 altera o Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, transpondo para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio, relativo ao tratamento de águas residuais urbanas e a Directiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de Fevereiro.

Este regime traduz-se na fixação de normas de descarga especiais previstas no diploma e fundamentalmente, na imposição de formas tratamento específicas (artigo 5º). Quer as normas de descarga, quer as obrigações de tratamento, variam em função da sensibilidade da área de descarga, a qual está delimitada no próprio diploma (Plano Nacional de Água, 2001).

Contudo, a aplicação das regras constantes daquele diploma não pode prejudicar a qualidade da água determinada pelo Decreto-Lei n.º 236/98 (art1º) o que significa que, no acto de licenciamento devem ser fixadas normas de descarga que, não só cumpram as regras especiais do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, alterado pelo Decreto-Lei nº 384/98, de 9 de Novembro mas que assegurem o cumprimento de todos os parâmetros gerais de qualidade das águas.

Assim, e atendendo aos requisitos de descarga definidos, classificam-se as zonas de descarga em sensíveis, normais e menos sensíveis, podendo as descarga ocorrer em águas doces, águas costeiras e estuários. No essencial, aquele diploma legal estabelece níveis mínimos de rendimento admissíveis (ou concentrações máximas nos efluentes) para as descargas precedidas de tratamento primário ou secundário, bem como para as descargas precedidas de tratamento terciário para redução de nutrientes, quando efectuadas em "zonas sensíveis" sujeitas a eutrofização, definindo prazos para a operacionalidade dos sistemas de drenagem e das ETAR.

Assim, na Tabela 1.2. apresentam-se os requisitos de descarga das estações de tratamento de águas residuais urbanas e as concentrações admitidas na descarga em zonas sensíveis relativamente a azoto e fósforo.

**Tabela 1.2 – Normas de descarga de águas residuais urbanas (Decreto-Lei n.º152/97, de 19 de Junho)**

<b>Parâmetro</b>	<b>Concentração</b>	<b>Percentagem de remoção (%)</b>
CBO <sub>5</sub>	25 mg/L O <sub>2</sub>	70-90
CQO	125 mg/L O <sub>2</sub>	75
SST	35 mg/l nos casos previstos no n.º 3 do artigo 5.º (equivalente populacional(e.q.) superior a 10000)	90 nos casos previstos no n.º 3 do artigo 5º (e.p. superior a 10000)
	60mg/l nos casos previstos no n.º 3 do artigo 5.º (e.p. de 2000 a 10000)	70 nos casos previstos no n.º 3 do artigo 5º (e.p. entre 2000-10000)
Fósforo Total	2 mg/l P - (10 000 - 100 000 e. p.)	80
	1 mg/l P - (mais de 100 000 e. p.)	
Azoto Total	5 mg/l N - (10 000 - 100 000 e. p.)	70-80
	10 mg/l N - (mais de 100 000 e. p.)	

O ponto 3 do artigo 5º refere que *“Não é exigido o tratamento secundário para descargas efectuadas em cursos de água situados a uma altitude superior a 1500 m, desde que, dentro dos prazos mencionados no número anterior, sejam previamente submetidas a qualquer outro tipo de tratamento que a entidade licenciadora considere adequado para a protecção do ambiente”*.

Por iniciativa do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional (MAOTDR), durante os anos de 2001 e 2002 foram efectuadas inspecções a 118 ETAR de forma a avaliar o seu desempenho. Das ETAR inspeccionadas, 30% situam-se na zona de Lisboa e Vale do Tejo, 25% no Norte, 18% no Centro, 15% no Alentejo e 12% no Algarve. Deste modo e com base nos resultados apresentados neste estudo, o sistema nacional de tratamento de águas residuais apresentava os seguintes contornos:

- 63% das ETAR inspeccionadas descarregam em zonas consideradas normais, 18% em zonas sensíveis e 18% em zonas consideradas menos sensíveis;
- A maioria das ETAR inspeccionadas (66%) assegura tratamento secundário de efluentes, sendo que já 28% asseguram tratamento terciário;
- No que respeita ao tipo de tratamento utilizado, 43% das estações recorrem ao tratamento por lamas activadas, 21% a leitos percoladores e 20% utilizam sistemas de lagunagem;

- 61% das ETAR não apresentam tratamento de afinação, sendo que 14% das estações utilizam desinfecção por lagoas de maturação, 8% desinfecção e em 7% ocorre remoção de azoto;
- Em 73% das ETAR não se pratica qualquer tratamento de gases gerados, existindo este tratamento apenas em 8% das ETAR inspeccionadas. O reaproveitamento energético do biogás ocorre em 12% dos casos analisados;
- No que respeita à adequabilidade das ETAR face à população servida, constatou-se que 57% das estações estão sobredimensionadas. Esta situação pode dever-se ao facto da incompleta conclusão de redes de drenagem para as quais as ETAR foram concebidas. Em 16% dos casos inspeccionados, as estações encontram-se subdimensionadas, pois correspondem a zonas de grande sazonalidade ou com populações flutuantes, que não foram contempladas no projecto. Apenas 22% das estações inspeccionadas se encontravam adequadamente dimensionadas;
- No que se refere às licenças de descargas, verificou-se que em 35% dos casos não havia qualquer licença emitida, 36% das estações encontravam-se em processo de licenciamento, e 25% das ETAR possuía licença válida;
- 65% das ETAR encontrava-se sob administração directa por parte dos municípios ou serviços municipalizados, embora a actual tendência seja a de a criação de concessões. Estes contratos levam à criação de empresas municipais por iniciativa dos municípios, ou por iniciativa privada, podendo igualmente resultar na criação de empresas multimunicipais;
- O controlo da qualidade de água descarregada no meio receptor é deficiente, sendo assegurado o auto controlo por parte das ETAR, embora nem sempre as análises sejam confiadas a laboratórios acreditados para os parâmetros em análise;
- Cerca de 53% das ETAR cumpre os valores definidos na licença de descarga, sendo a CBO<sub>5</sub>, CQO e SST os parâmetros que apresentaram maior número de desconformidades;
- No que se refere à gestão de resíduos, verifica-se que 72% das estações asseguram um destino final adequado aos resíduos produzidos;
- Relativamente ao destino das lamas, 39% são enviadas para valorização agrícola e 33% para aterro. Nem todas as lamas são sujeitas a controlo analítico, apenas em 24% é feita essa caracterização, encontrando-se os valores dos parâmetros em conformidade com o definido no Decreto-Lei nº 446/91 de 22 de Novembro e nas Portarias 176/96 e 177/96 de 3 de Outubro, em 22% dos casos. Em 23% dos casos, as lamas sofrem digestão anaeróbia, em 23% desidratação mecânica e em 18% são desidratadas em leitos de secagem;
- Apenas em 7% das estações não foram registadas infracções, sendo que em 26% dos casos ocorria descarga sem a respectiva licença. Em 26% não existia guia de

acompanhamento de transporte de resíduos e em 14% das inspecções não eram cumpridas as normas de qualidade;

- O cumprimento da Directiva 91/271/CEE de 21 de Maio ainda não se verifica, nomeadamente no que respeita à descarga em zonas sensíveis, para nutrientes como o azoto e fósforo;
- Verificou-se algum deficiente funcionamento, em especial em ETAR com redes unitárias ou pseudo-separativas, (MAOTDR, 2004).

Em 2002, a produção anual de lamas era de 298 828 toneladas e o volume anual de água residual tratado atingia o valor de 322 000 000 m<sup>3</sup> (INSAAR, 2002).

Segundo o mesmo relatório, a situação nacional no que respeita ao número de ETAR e à sua situação de funcionamento é a apresentada na Tabela 1.3.

**Tabela 1.3 - Situação de funcionamento de ETAR a nível nacional (INSAAR, 2005)**

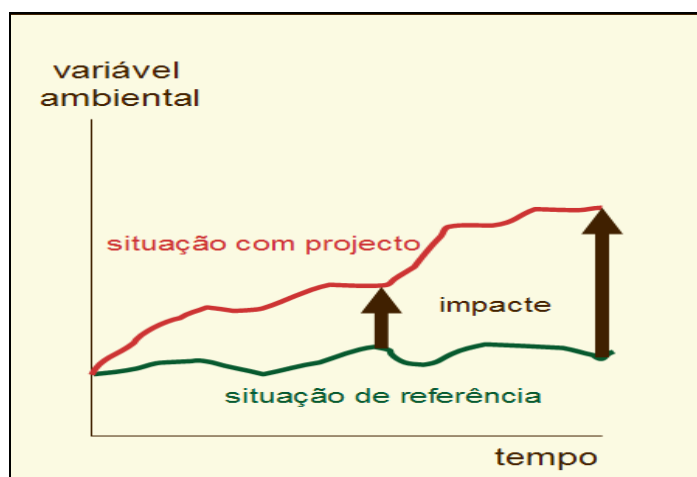
	Em construção (nº)	Em serviço (nº)	Em reabilitação (nº)	Funcionamento de recurso (nº)	Situação indefinida (nº)
Número de ETAR	124	1 282	4	3	24

## 1.9 Importância e evolução da Avaliação de Impactes Ambientais

O tratamento de águas residuais constitui uma etapa de protecção do meio ambiente relativamente aos efeitos nefastos das descargas de águas residuais urbanas e de efluentes industriais. No entanto e se por um lado, o tratamento de águas residuais minimiza os efeitos nocivos da sua descarga nos meios receptores, as próprias instalações de tratamento contribuem para alterações significativas do meio onde se inserem, originando impactes ambientais. Com a transposição da Directiva 91/271/CEE para o direito interno através do Decreto-Lei nº 152/97 de 19 Junho foram definidas metas temporais e níveis de tratamento com vista à melhoria dos níveis de atendimento e qualidade dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais (apda, 2007). Assim, e numa altura em que são cada vez mais evidentes e preocupantes os impactes exercidos no meio ambiente pela descarga de águas residuais, a sua avaliação reveste-se de grande importância.

Os impactes ambientais resultam da alteração da situação ambiental de referência resultante da construção ou implementação de um determinado projecto, tal como esquematizado na Figura 1.2.





**Figura 1.2 -Representação esquemática de Impacte Ambiental (Melo, 2006)**

A Avaliação de Impactes Ambientais (AIA) é um instrumento preventivo da política de ambiente e do ordenamento do território, que permite atender às prováveis consequências de um determinado projecto de investimento sobre o ambiente, assegurando que estas consequências são analisadas e tomadas em consideração no seu processo de aprovação.

A AIA surgiu nos EUA, no início da década de 70. O seu âmbito de aplicação restringia-se a projectos públicos, ou a projectos privados particularmente polémicos, sendo no geral, estudos muito exaustivos. Mais tarde, a avaliação de impactes ambientais foi introduzida na Europa, embora com uma formulação institucional diferente da dos EUA, integrando-se normalmente nos processos existentes de licenciamento das actividades.

Ao longo dos anos, a AIA evoluiu em termos metodológicos e técnicos e o seu âmbito de aplicação alargou-se, orientando-se para o apoio à decisão, com ênfase na intervenção do público.

A utilidade da AIA levou à sua adopção e regulamentação por múltiplos organismos internacionais como a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), Food and Agriculture Organization (FAO), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), United Nations Environmental Program (UNEP), Organização Mundial de Saúde, Banco Mundial, Comissão Económica para a Europa da ONU e Comunidade Europeia. Hoje em dia é prática corrente na maioria dos países industrializados, bem como nos projectos financiados por agências internacionais nos países em vias de desenvolvimento.

Em Portugal, até 1990, os processos de AIA não se encontravam legislados. No entanto, a publicação da Lei nº 11/87 de 7 de Abril (Lei de Bases do Ambiente) viria a estabelecer um conjunto de princípios sobre a aplicação de estudos de impacte ambiental. Posteriormente, foram publicados o Decreto Regulamentar nº 38/90 de 27 de Novembro e o Decreto-Lei nº 186/90, de 6 de Junho. Assim, ao abrigo do Decreto-Lei nº 186/90, foram

realizados, de 1990 a 1993, cerca de duas centenas de estudos de impacto ambiental, dos quais a maioria se refere a infra-estruturas rodoviárias, de transporte de energia, aproveitamentos hídricos, explorações mineiras e industriais e empreendimentos agro-florestais. A qualidade média dos estudos tem vindo a melhorar, e a definição de procedimentos internos nos serviços competentes colmatou algumas das falhas da legislação, que até à actualidade subsistem (Melo, 1996).

### **1.10 Principais impactes associados a uma ETAR**

Embora uma ETAR permita a despoluição de águas residuais, a sua construção e exploração implicam alterações no meio onde se insere que se fazem sentir a diferentes níveis. Assim, os principais impactes de uma ETAR na fase de construção atingem os seguintes domínios:

- *Condições geomorfológicas e qualidade do solo:* A necessidade de movimentação de terras, escavações e construção de novos acessos, do emissário afecto à obra e do estaleiro, implicam alterações na geomorfologia do local; os trabalhos de obra levam à erosão do solo, em especial das camadas superficiais, gerando condições de instabilidade, que podem potenciar a ocorrência de deslizamentos de terras; o acondicionamento ou depósito deficiente pode provocar um derrame ou introdução de produtos utilizados ou resultantes das obras no solo ou nos cursos de água, levando à sua contaminação e à perturbação dos recursos minerais (DHVFBO, 2004);
- *Hidrologia e qualidade de água superficial e subterrânea:* A ocorrência de possíveis derrames, infiltrações, escoamento de água pluvial, que consigo arrastam poluentes e compostos associados à obra, constitui uma fonte de contaminação dos cursos de águas circundantes.
- *Qualidade do ar:* Os trabalhos de obra implicam a emissão de partículas (PM<sub>10</sub> e PM<sub>25</sub>), gases associados ao funcionamento de equipamento e ao tráfego acrescido na zona afectada à obra;
- *Qualidade do ambiente sonoro:* O acréscimo de ruído é potenciado pela movimentação de máquinas e operação dos equipamentos necessários nesta fase;
- *Resíduos:* Durante a construção de uma ETAR existe uma elevada produção de resíduos, incluindo resíduos sólidos urbanos, óleos, vestígios de tintas e lubrificantes que carecem de uma recolha e transporte adequados. Se tal não acontecer, impactes a nível de águas subterrâneas, solo e qualidade do ar poderão vir a manifestar-se;

- *Características da fauna e flora*: Os trabalhos de construção podem afectar o habitat da fauna e flora locais, podendo levar ao desaparecimento de espécies características dos biótopos destruídos e ao aparecimento de novas espécies, alterações fisiológicas e comportamentais dos exemplares mais sensíveis, e ao possível aumento da mortalidade de algumas espécies;
- *Paisagem*: a construção de uma ETAR implica uma modificação na paisagem, quer pelo corte de algum coberto vegetal, quer pela instalação de estaleiros, material de construção e todas as infra-estruturas afectas ao empreendimento, o que constitui um impacte visual significativo;
- *Condições socio-económicas e culturais*: A construção da ETAR gera alterações nas acessibilidades locais, pela criação de novas estradas e desvios, o que pode interferir na dinâmica quotidiana da população e no seu conforto;
- *Características arqueológicas e património*: Dependendo da zona em questão, a construção da ETAR pode ou não interferir com património arqueológico existente, essencialmente através de escavações efectuadas.

Já em fase de exploração, uma ETAR pode implicar impactes ambientais significativos, cuja génese se associa não só ao próprio processo de tratamento, como também aos produtos daí resultantes.

Assim e tal como na fase de construção, estes impactes assumem expressão a diversos níveis:

- *Hidrologia e qualidade de água superficial e subterrânea*: A ideia de considerar o solo como meio de tratamento de águas residuais foi desenvolvida durante os anos 70, destacando-se como aspectos negativos, entre outros, interferências na saúde pública, contaminação de águas subterrâneas com efeitos a longo prazo e a necessidade de uma certa extensão/disponibilidade de terrenos revelam-se significativos (Marecos, 1987). Com o êxodo populacional para os grandes centros e para o litoral verificado durante os anos 70, os aglomerados ilegais proliferaram não existindo quaisquer infra-estruturas de saneamento associadas, contribuindo por isso para níveis de poluição da água acentuados. Actualmente, os meios aquáticos funcionam como o principal meio receptor para águas residuais tratadas. Dada a crescente concentração litoral de zonas densamente povoadas e de uma elevada pressão turística associada, a descarga de efluentes tratados em águas costeiras, tem vindo a desenvolver-se. Há que ter em conta não só os impactes na qualidade destas águas e das praias, mas também a inviabilização de reutilização dos volumes rejeitados e os seus efeitos no balanço hídrico das águas interiores, sobretudo na estação seca, bem como a influência na qualidade das águas captadas para consumo humano. A poluição da água associada a

descargas de efluente tratado, bem como os seus impactes nos meios receptores e processos de recuperação das comunidades bióticas afectadas são fenómenos complexos e difíceis de quantificar, *segundo Anne (2003), citando Hul (1997)*. Embora se assista a uma melhoria do desempenho das ETAR a nível nacional, as eficiências obtidas ao longo do processo de tratamento nem sempre são suficientes para evitar a descarga de efluentes com qualidade inadequada. É igualmente importante atender à contribuição da poluição associada à agricultura de regadio e às explorações agro-pecuárias para a contaminação dos meios hídricos (Plano Nacional da Água, 2001). Neste sentido, o esforço de redução de poluentes e contaminantes presentes nas descargas urbanas deve ter em conta os contributos das diversas actividades humanas desenvolvidas na bacia de drenagem em questão.

A água residual tratada pode conter não só matéria orgânica como também nutrientes, compostos de azoto, fósforo, sólidos suspensos e alguns elementos com potencial tóxico, tais como bactérias e coliformes, *segundo Anne (2003), citando Hickey et al (1989)*.

A presença destes componentes representa potenciais efeitos negativos directos ou indirectos a nível de alterações das redes tróficas, habitat e qualidade da água do meio receptor. A expressão destes efeitos depende das concentrações dos contaminantes nas águas receptoras, sendo estas influenciadas pelos níveis de diluição em questão que variam ao longo do ano (Anne, 2003). Nos casos em que, por exemplo, no meio receptor existam organismos que bioacumulem poluentes, como é o caso dos bivalves, é importante analisar o modo como as descargas das ETAR influenciam a qualidade e segurança alimentar associada ao consumo destes organismos. Verifica-se que estes processos são muito influenciados pelo efeito de diluição e de outras possíveis contribuições de descargas para além das provenientes das ETAR (Brito, 2005).

Relativamente à matéria orgânica presente nos meios receptores, esta pode ter origem em descargas directas oriundas das ETAR ou no fitoplankton existente, cujo desenvolvimento é potenciado pelos nutrientes presentes nos efluentes descarregados (Anne, 2003).

A matéria orgânica presente no efluente tratado representa uma fonte de degradação da qualidade dos meios aquáticos receptores, pois, em conjunto com o enriquecimento em nutrientes, proporciona situações de eutrofização e anoxia. Assim e dependendo dos valores de clorofila presentes, verifica-se uma produção primária acrescida, com consequências a nível da qualidade dessa massa de água no que respeita ao volume do ecossistema, capacidade de reciclagem do meio e empobrecimento da biodiversidade associada.

No caso de insuficiente desinfecção durante o processo de tratamento, a presença de bactérias e outros componentes tóxicos e infecciosos compromete a qualidade da água,

inviabilizando assim a sua posterior utilização, representando igualmente problemas de saúde pública potenciados por contacto ou ingestão desta água.

A presença de compostos desreguladores endócrinos no efluente apresenta consequências nas espécies presentes no meio receptor, com modificações a nível do seu desenvolvimento sexual e da sua distribuição nesse meio (apda, 2007).

Em algumas situações, as descargas podem contribuir para o aumento da actividade predatória de determinadas comunidades de organismos, como os protistas, levando a um melhor controlo da actividade das populações bacterianas. (Anne, 2003)

No caso de descarga em meio marinho, verifica-se um decréscimo relativamente rápido do número de microrganismos patogénicos, o que indicia que a água do mar apresenta uma certa capacidade depuradora (Cerqueira, 1998). Assim, e tendo em conta a pressão exercida na zona do litoral no que toca a saneamento de águas residuais, a construção de exutores submarinos apresenta alguma viabilidade, pois tirando partido da inactivação bacteriológica verificada no mar, permite afastar o local de descarga das águas residuais das zonas balneares (Cerqueira, 1998).

No caso da existência de redes unitárias ou pseudo-separativas e em períodos de chuva, os caudais pluviais podem ultrapassar a capacidade instalada da ETAR. Nestas situações, volumes significativos de excedentes são descarregados no meio receptor, comprometendo a qualidade do meio hídrico em causa (apda, 2007).

Assim, as maiores dificuldades sentidas na exploração de uma ETAR prendem-se com a existência de ligações unitárias ou pseudo-separativas, de ligações industriais sem pré-tratamento ou de alguma deficiência técnica do pessoal responsável pela operação (Plano Nacional de Água, 2001).

No caso de massas de água poluídas por descargas de águas residuais não tratadas e outros poluentes, a exploração da ETAR constitui um impacte bastante positivo na qualidade do meio receptor, possibilitando novas utilizações e actividades nessa massa de água, optimizando a sua qualidade (Hidroprojecto, 2003).

Mesmo em situações de ocorrência de descargas de emergência, que são previsivelmente muito pouco frequentes, o impacte negativo sobre a qualidade da água do meio receptor será sempre inferior ao efeito causado pelas actuais descargas, sendo que o seu efeito tenderá a dispersar-se em poucas horas após a ocorrência da referida descarga.

Quando se trata de uma ETAR onde apenas se efectua *tratamento preliminar*, somente o material de maior dimensão é removido, permanecendo elevados teores em matéria orgânica na água residual, assim como patogénicos e outros elementos. Assim, o impacte no meio receptor é negativo e significativo, dependendo do estado e tipologia do mesmo. Quando numa ETAR se realiza apenas *tratamento primário*, existe ainda uma elevada carga

orgânica poluente associada às águas residuais tratadas, pelo que o impacto da descarga no meio receptor será directo e bastante significativo. Dependendo do meio receptor em questão e do seu estado original, assim estes impactos serão reversíveis ou irreversíveis.

A descarga de águas residuais que sofreram *tratamento secundário* apresenta geralmente uma qualidade de acordo com os valores limite definidos na legislação. Assim a descarga no meio receptor, embora com CBO<sub>5</sub>, SST, CQO e outros componentes associados em menores concentrações relativamente ao tratamento primário, representa impactos negativos directos no meio receptor e na sua dinâmica ecológica, embora menos significativos do que os apresentados em ETAR onde ocorre apenas tratamento primário.

Quando as águas residuais sofrem *tratamento terciário*, em especial desinfecção ou remoção de nutrientes, estas apresentam uma qualidade elevada, quer em termos de matéria orgânica presente, quer em termos microbiológicos. Assim, os impactos negativos da descarga no meio receptor são menos significativos do que os provocados por inferiores graus de tratamento.

- *Características geomorfológicas e qualidade do solo*: Na fase de exploração de uma ETAR, podem, embora pouco provavelmente, ocorrer fissuras e eventualmente uma ruptura accidental nas estruturas da ETAR provocada por fenómenos sísmicos, o que poderá originar a contaminação das águas subterrâneas e do solo adjacente, embora o eventual impacto seja pouco significativo, uma vez que deverão existir acções regulares de inspecção e manutenção das referidas estruturas (Atkins Portugal e Âmbio, 2006). Adicionalmente, a existência da ETAR implica a alteração do uso do solo, no sentido da criação de área impermeáveis, que potenciarão o escoamento superficial da água pluvial.

Dada a produção de lamas neste processo, cujo destino final é, na maioria dos casos, a valorização agrícola, poderão ser sentidos impactos ao nível do solo onde são aplicadas. Da aplicação de lamas em solos agrícolas destacam-se como impactos positivos a melhoria da estrutura do solo, o aumento da sua estabilidade e da capacidade de troca catiónica, a criação de melhores condições à vida microbiana do solo bem como para a absorção de nutrientes. A inactivação de metais pesados, com redução da sua toxicidade é outro impacto positivo na fertilidade e produtividade dos solos em questão. (Dias, 2004)

No caso do efluente sofrer apenas *tratamento preliminar*, não se apresentam impactos positivos significativos para o solo pois neste tratamento não se produzem lamas. No entanto, caso o solo seja o meio receptor destas águas residuais, existem impactos negativos significativos associados. Desta forma, a contaminação do solo por água residual praticamente bruta é potenciada, assim como a poluição de águas subterrâneas adjacentes ao local de descarga.

Quando se realiza somente *tratamento primário* de águas residuais, existe produção de lamas associada. Estas lamas, designadas lamas primárias, são constituídas principalmente por sólidos sedimentáveis. Nelas existe um teor relativamente elevado de matéria orgânica, sendo grande parte facilmente biodegradável (Dias, 2004). São lamas bastante concentradas e densas. Neste sentido e tendo em conta que a valorização agrícola é o principal destino final de lamas, os impactes sentidos podem ser positivos para o solo em questão, visto que estas lamas apresentam uma importante contribuição em matéria orgânica, os benefícios da aplicação no solo podem ser significativos. De referir que estas lamas apenas podem ser aplicadas em solos agrícolas após tratamento adequado, como definido no Decreto-Lei nº 118/2006, de 21 de Junho.

As areias e gorduras recolhidas na fase de tratamento preliminar podem ser encaminhadas para aterro onde se farão sentir impactes na dinâmica do próprio sistema. No entanto, visto que as ETAR onde é efectuado apenas tratamento primário geralmente servem pequenos aglomerados populacionais, a produção de gradados não é muito elevada.

Em ETAR com *tratamento secundário* a produção de lamas pode ser significativa pois compreende a produção de lamas primárias e secundárias. Estas, apresentam-se menos concentradas do que as lamas primárias, originando por isso, um grande volume de lamas produzido. Estas lamas são provenientes de tratamentos biológicos, onde ocorre produção de biomassa que origina lamas biológicas constituídas por fracções orgânicas e inorgânicas (Dias, 2004).

Quando se pratica este grau de tratamento, geralmente, a produção de gradados é elevada, fazendo-se sentir impactes a nível do seu destino final, aterro ou na sua integração no sistema de recolha.

Com o *tratamento terciário*, nomeadamente por desinfecção, não se prevêem impactes acrescidos nas formações geológicas e no solo para além dos associados ao grau de tratamento secundário. No entanto, a eventual utilização de reagentes químicos ao longo do processo de tratamento, origina uma maior produção de lamas, com impactes mais significativos ao nível do solo onde serão depositadas. (Metcalf and Eddy, 2003)

De acordo com a tecnologia utilizada e o grau de tratamento da fase sólida, assim as lamas produzidas poderão conter mais ou menos microrganismos patogénicos que representam impactes a nível da saúde pública, devido ao consumo de alimentos produzidos nos solos onde se aplicam as lamas.

Em qualquer dos casos anteriores, se o meio receptor destas descargas for o solo, poderão verificar-se impactes negativos na sua qualidade e posterior utilização, podendo ser mais ou menos significativos consoante o grau de tratamento.

- *Qualidade do ar*: Durante a fase de exploração de uma ETAR, a produção de odores incómodos constitui um dos principais impactes.

Os impactes gerados fazem-se sentir essencialmente na zona de obra de entrada, na zona de tratamento biológico e na zona de tratamento de fase sólida. Dependendo das características do efluente bruto, do tempo de retenção no sistema de recolha, do nível de turbulência, da concentração de compostos azotados ou sulfurados, como o ácido sulfídrico, óxido nítrico e sua potencial produção, assim a manifestação de odores será mais ou menos intensa (Water Environment Federation, 2004). A emissão de Mercaptanos e  $\text{NH}_3$  pode igualmente ter lugar numa ETAR. Dada a produção de resíduos como elementos gradados, areias, gorduras e lamas, existe uma produção de odor associada ao seu local de armazenamento e ao seu transporte para destino final. Ao processo de digestão anaeróbia está associada a produção de uma mistura de Gases de Efeito de Estufa (GEE), o biogás, com consequências nefastas para a atmosfera. Se este biogás for recuperado no sentido de produzir energia, daqui resulta um impacte positivo, pois permitirá uma redução de consumo energético e aproveitamento de um produto gerado na própria ETAR. Alguns dos compostos odoríferos podem contribuir para uma rápida deterioração dos equipamentos electromecânicos e da construção civil (Antunes e Mano, 2004).

Quando a água residual apenas sofre *tratamento preliminar*, a produção de odores associa-se à obra de entrada constituindo um impacte negativo significativo. Se às águas residuais são sujeitas apenas a *tratamento primário*, dependendo da configuração da instalação de tratamento, a produção de odor incómodo pode associar-se à zona da obra de entrada, onde a água residual bruta aflui à estação, e ao próprio tratamento primário, nomeadamente devido à produção de lamas primárias.

Em ETAR com *tratamento secundário*, as zonas de obra de entrada, do reator biológico e do tratamento da fase sólida representam maiores impactes no que respeita a maus cheiros. Nestas situações verifica-se uma maior produção de lamas (primárias e secundárias), pelo que, os odores incómodos associados são mais significativos. Durante os processos de arejamento pode existir produção de aerossóis associada, com eventuais impactes nos olhos e vias respiratórias (Michael, 2005 e Baertsch, 2007).

O *tratamento terciário* de águas residuais tanto inclui processos de desinfecção e filtração como processos de coagulação/floculação, o que implica uma maior produção de lamas. Deste facto pode resultar uma maior produção de odores.

Em qualquer grau de tratamento, existe uma produção de odor associada aos subprodutos gerados, em especial ao seu local de armazenamento e ao seu transporte para destino final.



Caso exista digestão anaeróbia de lamas, devido à mistura gasosa produzida, os impactes associados ao mau cheiro são significativos.

- *Qualidade do ambiente sonoro*: O impacte no ambiente sonoro provocado pelo funcionamento de uma ETAR pode ser mais ou menos significativo consoante a dimensão da ETAR, a proximidade de aglomerados populacionais e o próprio funcionamento da estação.

A emissão de ruído é potenciada em determinados locais do tratamento, podendo ser mais intenso em zonas de funcionamento de compressores, bombas ou aquando da movimentação e enchimento de camiões que transportam os resíduos gerados.

Quando se pratica apenas *tratamento preliminar*, os impactes associados ao ruído são pouco significativos, resultando essencialmente do funcionamento dos equipamentos da obra de entrada.

Quando apenas o *tratamento primário* é realizado, os impactes a nível de ambiente sonoro, não são geralmente muito significativos, podendo estes impactes resultar da eventual presença de equipamento na instalação.

Em ETAR onde é praticado *tratamento secundário e terciário*, o acréscimo de órgãos e equipamentos electromecânicos em funcionamento comparativamente com o tratamento primário bem como a maior produção de lamas, implica maior produção de ruído. Este acréscimo é sentido a nível de transporte de lamas, de funcionamento de um maior número de bombas e compressores.

- *Resíduos*: A exploração de uma ETAR implica a produção de diversos resíduos, como as areias, gorduras removidas e lamas. Esta produção implica impactes a diferentes níveis ao longo do seu armazenamento, transporte e deposição final;

- *Características da fauna e flora*: A descarga de águas residuais tratadas potencia transformações no equilíbrio do ecossistema em causa, sendo este afectado em maior escala se as normas vigentes na licença de descarga da estação não estiverem a ser cumpridas. Estas transformações podem implicar alterações a nível do desenvolvimento da fauna e flora e da sua localização preferencial.

A fauna e a flora da zona de implantação da ETAR podem beneficiar da exploração da mesma, na medida em que ocorre uma melhoria da qualidade do ambiente, mais concretamente, ocorre uma melhoria da qualidade do meio receptor, embora a descarga de águas residuais tratadas represente impactes a nível da biodiversidade do mesmo. Por outro

lado, a existência de uma ETAR implica a humanização da área, o que pode interferir com a dinâmica ecológica local.

- *Paisagem*: Dependendo da tipologia da estação, assim será o seu impacte paisagístico, podendo existir estações com enquadramento mais integrado do que outras. Esta situação depende do local onde se insere a ETAR e da importância dada ao arranjo exterior da estação.

A presença de uma ETAR implica a introdução de elementos estranhos na paisagem circundante, conferindo o respectivo impacte visual.

As ETAR apenas com *tratamento primário* são, geralmente, de pequena dimensão, pelo que em termos de área natural ocupada e afectada, não constituem impactes negativos significativos. Ao contrário, em ETAR de maior dimensão onde se realiza *tratamento secundário e terciário*, o impacte visual é mais significativo pelo maior número de infra-estruturas que compõe as ETAR e pela área ocupada.

Se a ETAR se inserir numa área ecologicamente sensível ou se ocupar solos de importância agrícola e ecológica, os impactes gerados podem ser significativos independentemente da dimensão da ETAR.

- *Condições socio-económicas e culturais*: A actividade das ETAR constitui um ponto importante nas condições socio-económicas locais pois permite a despoluição das águas residuais produzidas pela população, contribuindo para a melhoria da qualidade dos meios receptores. No entanto, e atendendo ao facto dos odores e ruído gerados, nem sempre se assiste a uma manifestação positiva por parte das populações em relação a este processo. Paralelamente, a operação de uma ETAR requer um recrutamento de pessoal, constituindo assim uma forma de gerar emprego e formação profissional. Numa ETAR, há ainda que atender aos custos associados à energia consumida necessária ao funcionamento de grande parte dos equipamentos de uma instalação, como sistema de arejamento, pontes raspadoras, bombas, compressores bem como aos gastos de transporte de subprodutos gerados, deslocações do pessoal afecto à ETAR, reparação e substituição de equipamento e de manutenção.

### **1.11 Abordagem na minimização de impactes**

Actualmente, a tendência das abordagens de impactes ambientais associados à problemática das águas residuais privilegia a gestão das actividades associadas a este processo, de modo a que seja possível controlar a escala e extensão dos possíveis efeitos

negativos. Assim, verifica-se um melhor reconhecimento dos impactes gerados localmente nos recursos hídricos circundantes, nomeadamente contaminações com nitratos, bactérias, nutrientes, sendo crescente o interesse por sistemas que optimizem o desempenho do tratamento (EPA, 2002).

Verifica-se igualmente uma maior preocupação em desenvolver métodos que permitam a reutilização de subprodutos gerados no tratamento e da própria água tratada (EPA, 2002).

No que respeita à minimização de impactes inerentes à fase de construção, destaca-se a necessidade de manter a população informada de todos os processos e seus desenvolvimentos, evitando a movimentação de veículos durante a noite e minimização da circulação de veículos pesados junto das habitações, dispondo sempre da respectiva sinalização. No que respeita à instalação do estaleiro da obra, é importante atender à localização de linhas de água próximas e à ocupação dos solos adjacentes, quer por explorações agrícolas, quer por habitações. A limpeza das vias públicas e a minimização de emissões de poeiras devem ser tidas em conta na fase de construção, assim como a adequada gestão dos resíduos e águas residuais geradas. A recuperação paisagística e os arranjos exteriores são uma forma de atenuar o impacte que a construção da ETAR representa para a zona em questão.

No que se refere a medidas minimizadoras de impactes associados ao funcionamento de uma ETAR, as abordagens podem ser orientadas para as causas dos mesmos ou para os seus efeitos (Wagner e Strube, 2005).

Durante a inspecção das 118 ETAR nos anos de 2001 e 2002, verificou-se que, em termos de impactes gerados e minimização dos mesmos, 73% das ETAR não apresentava tratamento dos gases gerados, enquanto que 8% possuíam sistemas físico-químicos para a remoção de odores. Em 12% dos casos inspeccionados, efectuava-se reaproveitamento de biogás e 3% das estações reutilizavam as águas residuais tratadas (MAOTDR, 2004).

Perante os principais impactes apresentados pela maioria das ETAR, a respectiva minimização é uma necessidade, assim como a elaboração e aplicação de planos de monitorização.

Assim, no que respeita aos odores e maus cheiros produzidos, é importante que os edifícios, onde estes odores são mais intensos, se encontrem confinados, possuindo sistemas de aspiração e tratamento desse ar. As gorduras, areias e gradados recolhidos, enquanto se encontrarem na estação de tratamento, devem permanecer em contentores ou outros recipientes fechados (Reedley, 2006).

Os equipamentos que mais prejudicam o ambiente sonoro devem ser também confinados, podendo alguns edifícios que os contenham, possuir paredes revestidas com material adequado ao controlo do impacte sonoro (Atkins Portugal e Âmbio, 2006).

No que respeita aos gastos energéticos, a digestão anaeróbia surge como uma importante solução na cogeração de energia, podendo colmatar uma fracção importante dos gastos em energia adquirida. Assim, neste processo produz-se simultaneamente energia eléctrica e térmica a partir do biogás produzido na digestão, aumentando a eficiência energética e minimizando o impacte ambiental da emissão de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. Deste modo, os GEE produzidos neste processo, são reaproveitados e os seus efeitos nocivos, minimizados (apda, 2007). Numa óptica de optimização deste processo é importante desenvolver meios que permitam controlar as condições de anaerobiose, temperatura, pH e tempo de retenção (apda, 2007). Estudos recentes revelam que o processo de digestão anaeróbia com ozonização parcial da lama digerida alcança eficiências de conversão energética de biogás muito elevadas, *segundo Yasui et al, citando Weemaes 2002, Goel 2003*.

Com o crescimento populacional e industrial na zona litoral e junto aos grandes centros, prevê-se uma crescente procura de água com locais de origem cada vez mais afastados da zona de consumo, considerando a crescente produção de águas residuais associada. Isto implicará grandes gastos energéticos no que respeita ao transporte de águas residuais e ao seu tratamento. Assim, soluções como a digestão anaeróbia, podem contribuir para a atenuação destes gastos.

Atendendo aos prazos temporais definidos para a obtenção níveis de tratamento impostos pela legislação, assiste-se a uma crescente construção de ETAR e à sua entrada em funcionamento, levando por isso a um aumento da produção de subprodutos, nomeadamente, lamas, cujo destino final é frequentemente a valorização agrícola ou o aterro sanitário (apda, 2007).

O elevado teor em matéria orgânica e o seu poder alcalinizante confere às lamas uma grande importância para a prática agrícola. No sentido de minimizar os custos e impactes deste processo, é importante que, nas ETAR, as lamas sejam convenientemente desidratadas, de modo a reduzir a água associada, optimizando assim os custos de transporte. Outros aspectos devem ser tidos em conta na gestão das lamas produzidas, como o facto da sua aplicação na agricultura ser de carácter sazonal e dada a necessidade de uma caracterização das mesmas, de modo a assegurar que a lama não contém compostos nocivos para o ambiente em que vai ser aplicada (apda, 2007). Assim, quanto melhor a qualidade da lama que se consegue assegurar, menores serão os impactes negativos decorrentes da sua aplicação no solo. Assim, além da desidratação ou digestão, emergem a necessidade de aplicar métodos como a higienização de lamas e métodos de

monitorização da respectiva qualidade (apda, 2007). Com este controlo de qualidade das lamas e do tipo de solo são aplicadas, é possível identificar e controlar a adição de metais pesados e outros elementos aos solos.

No que respeita à reutilização da água tratada, o conhecimento da sua composição é essencial, de forma a minimizar possíveis problemas a jusante da sua aplicação, nomeadamente no caso da rega. Neste processo, o risco de doenças associado ao consumo de alimentos vegetais cuja rega teve por base água residual tratada, foi analisado e confirmado (Hamilton, stagnitti, Premier e Boland, 2006). Assiste-se actualmente ao desenvolvimento de tecnologias capazes de melhorar a qualidade das águas residuais tratadas, tais como a separação por membranas, com vista a uma minimização de impactes associada à sua reutilização (Visvanathan et al, 2002).

Dadas as consequências da introdução de nutrientes no meio receptor, o desenvolvimento de tecnologias capazes de assegurar uma baixa concentração dos mesmos no efluente final assume grande importância. Os principais pontos a avaliar e a desenvolver centram-se na caracterização das formas de fósforo e azoto presentes no efluente, na gestão da adição de agentes químicos e sua influência no pH, na qualidade e quantidade de lamas produzidas (Pagilla et al, 2006).

No que se refere aos problemas associados às redes unitárias e pseudo-separativas, privilegiam-se medidas que actuem o mais a montante possível da descarga, nomeadamente a partir da construção de bacias de retenção que permitam o tratamento do caudal excedente transportado por este tipo de rede (apda, 2007).

Assim, uma redução significativa dos volumes totais de poluição, só é possível, garantindo tratamentos com eficiências de remoção elevadas nas zonas de maior densidade populacional. Sob o ponto de vista da protecção dos recursos hídricos, as metas a estabelecer, deverão privilegiar o balanço entre quantidade de carga orgânica removida e a capacidade de suporte do meio receptor, ao invés de "níveis de atendimento", que tendem a camuflar a assimetria dos problemas ambientais com esta origem (Matos e Monteiro, 2003).

Com vista ao controlo eficaz de todos os meios sujeitos a impactes das ETAR, o desenvolvimento e implementação de planos de monitorização da qualidade do ar, dos recursos hídricos, do ambiente sonoro entre outros, constitui um procedimento essencial (European Bank for Reconstruction and Development, 2007).

No sentido de assegurar os requisitos ambientais definidos, uma ETAR deve apresentar características estruturais e funcionais orientadas para esse compromisso.

A implementação de um sistema de gestão de risco afecto à ETAR, pode constituir uma contribuição para um melhor funcionamento da mesma. Já aplicado em algumas situações, este tipo de sistema de gestão de riscos reforça a eficiência dos processos,

contribui para um melhor desempenho da operação, assegurando a qualidade da água tratada e a conformidade da sua descarga. A qualidade da água tratada é um ponto vital e delicado nesta problemática pois, quando esta qualidade não é garantida, surgem impactes ambientais significativos no meio receptor, problemas financeiros para o sistema que gere a ETAR e descredibilização da mesma perante autoridades e população. Assim, e *segundo Wagner e Strube, 2005*, existem 4 tipos de riscos associados a uma ETAR: riscos operacionais, financeiros, legais e de mercado. Os riscos operacionais, visto dependerem quer de factores externos à instalação (chuvas, tempestades, cheias), quer internos (avarias em bombas e outros equipamentos mecânicos e eléctricos) são os que mais podem influenciar a qualidade do efluente final. Um problema associado à operação de gradagem implica entupimentos e obstruções a jusante, assim como avarias no sistema de arejadores podem comprometer o tratamento biológico, não se assegurando a qualidade necessária do efluente final. Se, por exemplo, o problema ocorrer em equipamentos de dosagem de reagentes químicos ou no controlo de temperatura do digestor, a estabilidade das lamas pode ser afectada. Uma falha no sistema de arejamento ou nas bombas de recirculação de lamas, pode implicar problemas na própria remoção de carbono ou azoto das águas residuais. A ocorrência de avarias no sistema de desodorização ou uma fuga de metano produzido na digestão anaeróbia põe em risco a qualidade do ar afecto à ETAR, contribuindo para o desconforto da população.

O planeamento de mais do que uma linha de tratamento ou o funcionamento cíclico e alternado de certos equipamentos, pode minimizar o risco de falhas operacionais. Adicionalmente, o recurso a sistemas de alerta desenvolvidos para níveis gasosos, de pH, temperatura e outros parâmetros, pode prevenir alguns impactes importantes (Wagner e Strube, 2005).

Actualmente, o desenvolvimento de tecnologia capaz de responder efectivamente às exigências de tratamento definidas, reaproveitar recursos e de gerar energia, constitui um dos aspectos mais importantes na despoluição de águas residuais e de minimização dos impactes associados.

Assim, importa cada vez mais avaliar os impactes associados não só à descarga inadequada de águas residuais, mas também aos métodos e meios implicados no seu tratamento, de modo a se obter um balanço sustentável e cada vez mais positivo, deste processo.

## 1.12 Importância da ferramenta Pegada Ecológica

Na sequência da avaliação de impactes ambientais e da sua expressão territorial, a existência de ferramentas como a Pegada Ecológica reveste-se de grande utilidade.

A Pegada Ecológica é uma ferramenta que permite quantificar a extensão de área terrestre e aquática necessária para produzir os recursos que a população humana requer para a sua actividade e para absorver os resíduos decorrentes dessa mesma actividade (Redefining Progress, 2007).

Actualmente, a Pegada Ecológica da Humanidade é 23% superior à capacidade de regeneração do planeta. Assim, é necessário um ano e dois meses para que o planeta regenere aquilo que a população humana consome em apenas um ano.

A pegada Ecológica de Portugal é de 5 hectares globais por pessoa, ou seja, apresenta um défice ecológico de 3,4 ha/capita, tendo em conta uma biocapacidade de 2,2 ha/capita.

Visto que em grande parte das actividades humanas ocorre a queima de combustíveis fósseis, a emissão de GEE assume uma grande expressão. Quando estas emissões não são capturadas e absorvidas por espécies vegetais, acumulam-se na atmosfera, contribuindo assim para uma alteração climática global. É importante sublinhar que a reflorestação não é solução suficiente para este problema. Este facto demonstra que a biosfera não dispõe de capacidade suficiente para absorver todo o carbono actualmente emitido (Footprint Network, 2007).

A Pegada Ecológica do Carbono permite obter a área florestal necessária para a captura e absorção do Dióxido de Carbono emitido nas diversas actividades humanas. A Figura 1.3 representa a evolução da pegada ecológica do carbono face a capacidade biológica do planeta.

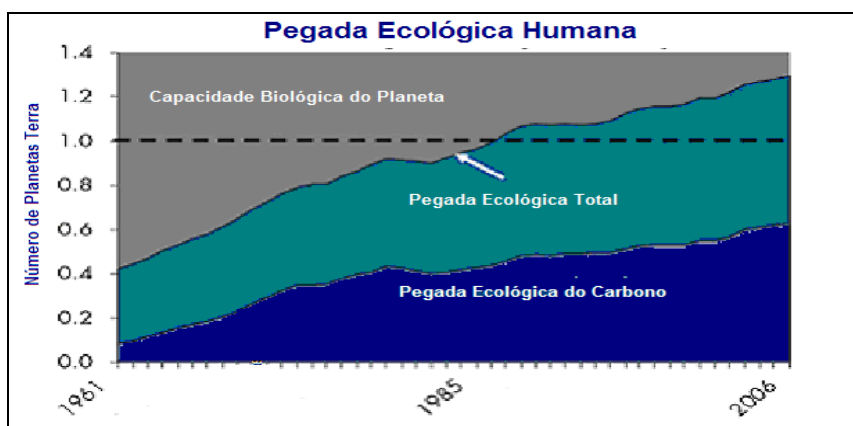


Figura 1.3 – Evolução temporal da Pegada Ecológica Humana (Footprint Network, 2007)

Actualmente, o valor da pegada ecológica do carbono global é já o equivalente a 60% da área total do planeta, com tendência para aumentar, ultrapassando a capacidade biológica limite do planeta terra.

No que respeita aos impactes associados ao tratamento de águas residuais, não se conhece o que estes representam quantitativamente a nível local e global, nem em termos territoriais.



## **2 Objectivos**

Os objectivos deste trabalho consistiram em estimar e quantificar os impactes gerados pela despoluição de águas residuais, à semelhança do que é efectuado para outras actividades ou projectos, bem como contribuir para a compreensão dos impactes globais que lhe estão associados, recorrendo à ferramenta Pegada Ecológica para a respectiva quantificação.

Como objectivo complementar, adaptou-se a aplicação daquela metodologia à situação nacional, no que respeita ao tratamento de águas residuais.



### 3 PLANO DE TRABALHO

Para a prossecução dos objectivos da dissertação, fixou-se um plano de trabalho que incluiu os pontos esquematizados na Figura 3.1.

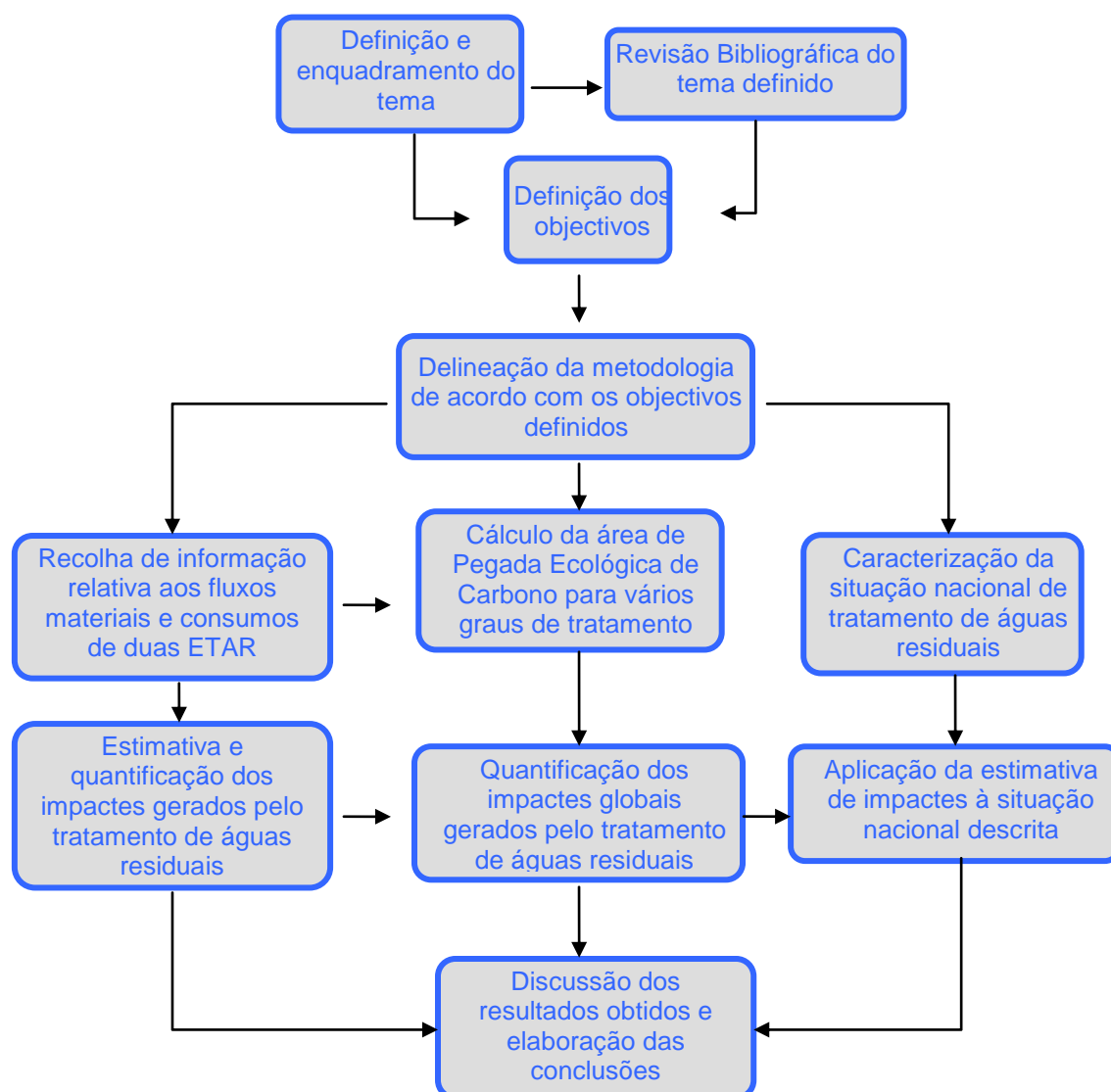


Figura 3.1 – Fluxograma representativo do Plano de Trabalho

A metodologia adoptada, tendo em conta os objectivos definidos, encontra-se descrita seguidamente.

### 3.1 Metodologia

#### 3.1.1 Estimativa dos impactes gerados no tratamento de águas residuais

No que respeita à estimativa dos impactes gerados pela despoluição de águas residuais, numa fase inicial, procedeu-se à recolha de informação que permitisse caracterizar e quantificar os fluxos materiais de entrada e saída associados a uma ETAR. Os dados recolhidos correspondem à ETAR de Chelas, referentes ao ano 2006 (Anexo I – Tabela A1). Esta ETAR serve um universo populacional de 130 000 habitantes (INSAAR, 2005), praticando tratamento terciário de efluentes domésticos, segundo a linha a seguir descrita.

No que respeita ao *tratamento da fase líquida*, este inicia-se com uma etapa de tamisagem, seguida de desarenação e remoção de óleos e gorduras. Segue-se decantação primária (decantadores lamelares), o tratamento secundário, que inclui reactores biológicos de biomassa suspensa e decantação secundária. O tratamento terciário proporciona a desinfecção via UV, após filtração do caudal.

O *tratamento da fase sólida* desenvolve-se da seguinte forma: as lamas primárias seguem para um espessador e as secundárias sofrem flotação, seguindo ambas para um tanque de mistura de lamas. Segue-se a digestão anaeróbia destas lamas, com posterior desidratação através de centrífugas. As lamas desidratadas são armazenadas num silo e enviadas para valorização agrícola.

A ETAR inclui tratamento da fase gasosa via desodorização por lavagem do ar em contra corrente, com  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$  e  $\text{NaOCl}$ . Este tratamento aplica-se aos gases gerados no tratamento da fase líquida e sólida.

Adicionalmente, existe uma unidade de cogeração de energia, através do biogás produzido na digestão anaeróbia de lamas, recorrendo-se ao consumo de gás natural para o aquecimento das caldeiras existentes nesta unidade. Uma parte do efluente final filtrado é reutilizada internamente na ETAR. Nesta ETAR, o tratamento de águas residuais efectua-se em duas linhas de tratamento paralelas, apresentando cada uma delas, a configuração acima descrita.

Em paralelo procedeu-se à recolha de dados relativos a um balanço energético estimado, efectuado para a ETAR do Barreiro/Moita, em construção. Os dados recolhidos referem-se a consumos energéticos anuais (com base em valores da época de maior afluência de caudal) nas diferentes etapas de tratamento, incluindo todos os equipamentos envolvidos nessas etapas, (Anexo I – Tabela A2). Esta ETAR apresentará tratamento terciário, servindo uma população de 200 000 habitantes.

A linha de *tratamento da fase líquida* desta ETAR consistirá de gradagem, tamisagem, remoção de areias e remoção de óleos e gorduras. Segue-se o tratamento primário através de decantação, tratamento secundário (incluindo reactores biológicos de biomassa suspensa e decantação secundária).

Adicionalmente, será utilizado tratamento físico-químico acelerado para o caudal em excesso que se verifica nos períodos de chuva, que será previamente objecto de tratamento preliminar e primário, sendo derivado da linha principal de tratamento. A ETAR incluirá ainda tratamento terciário com desinfecção por Ultravioleta, para o caudal previamente filtrado.

A sequência de tratamento da fase sólida compreenderá uma série de etapas de tratamento das lamas produzidas durante a fase líquida, incluindo:

- Espessamento gravítico das lamas primárias;
- Espessamento por flotação das lamas secundárias;
- Estabilização das lamas, por digestão anaeróbia da mistura homogeneizada das lamas primárias e secundárias espessadas;
- Desidratação mecânica das lamas digeridas.

No que respeita ao tratamento da fase gasosa, a ETAR possuirá um sistema de desodorização de ar e tratamento de odores.

A ETAR apresentará ainda uma unidade de cogeração com produção de energia eléctrica, a partir do biogás produzido na digestão de lamas.

Com o objectivo de obter uma estimativa dos impactes gerados na despoluição de águas residuais, procedeu-se à reunião dos dados referentes a consumos e fluxos gerados durante o funcionamento de uma ETAR. No sentido desta estimativa permitir comparar dados e discutir resultados, esta foi calculada de modo a referir-se aos impactes associados ao tratamento de águas residuais produzidas por 1 000 habitantes durante o período de um ano, tendo-se convertido os dados recolhidos para este mesmo referencial.

No que respeita ao tratamento dos dados relativos a emissões atmosféricas de GEE provenientes quer do funcionamento da ETAR, quer do processo de produção de energia eléctrica consumida na ETAR, o processo de cálculo utilizado encontra-se descrito seguidamente.

Numa fase inicial, recolheram-se dados referentes a emissões atmosféricas anuais associadas ao tratamento de águas residuais e à produção de energia eléctrica necessária ao funcionamento de uma ETAR (Anexo I – Tabela A3 e Tabela A4), constantes do Inventário Nacional de GEE e do seu relatório referente ao período entre 1990 e 2004.

Para o cálculo das toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente às emissões decorrentes do funcionamento da ETAR, procedeu-se ao produto das emissões obtidas para cada gás, pelo factor de conversão respectivo (Potencial de Aquecimento Global), sendo posteriormente este valor convertido para toneladas.

Os Potenciais de Aquecimento Globais utilizados encontram-se na Tabela 3.1

**Tabela 3.1 – Valores dos Potenciais de Aquecimento Global (Inventário Nacional de GEE, 2006)**

<b>Gás emitido</b>	<b>Potencial de Aquecimento Global</b>
CH <sub>4</sub>	21
CO <sub>2</sub>	1
N <sub>2</sub> O	310

Estes valores correspondem a uma medida relativa, que compara o gás em questão, com a mesma quantidade de CO<sub>2</sub> e respectiva contribuição para o efeito de estufa.

No cálculo das emissões atmosféricas associadas à produção de energia eléctrica fornecida à ETAR, há que ter em conta a impossibilidade de saber exactamente qual a respectiva origem dessa energia, pois esta provém de várias fontes. Assim as emissões serão médias ponderadas das correspondentes fontes energéticas.

Os valores de CO<sub>2</sub> equivalente obtidos do Inventário correspondem a emissões atmosféricas anuais decorrentes da produção de energia. (Anexo I – Tabela A4). No sentido de converter estes valores para o universo de 1 000 habitantes/ano, efectuou-se o quociente entre as emissões atmosféricas associadas à produção de energia e o consumo total de energia implicado no tratamento de águas residuais.

Assim, para obter o valor das emissões associadas a um determinado consumo, procedeu-se ao produto do quociente acima descrito pelo consumo de energia em análise.

O consumo total de energia eléctrica em ETAR foi obtido atendendo ao consumo de energia implicado nos diferentes graus de tratamento e ao número total de habitantes servidos por cada grau de tratamento.

No que respeita às emissões associadas ao funcionamento da ETAR, os valores obtidos pelo Inventário Nacional de GEE referem-se à totalidade da população servida por tratamento de águas residuais (Anexo A1 – Tabela A3). Segundo o relatório do INSAAR 2005, a população servida por tratamento de águas residuais aproxima-se dos 6 673 000 habitantes. Assim, estes valores foram convertidos para um universo de 1 000 habitantes, sendo posteriormente calculadas as toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Relativamente às cargas orgânicas brutas e rejeitadas, assumiu-se uma capitação de carga orgânica de 60g/hab.dia, expressos em CBO<sub>5</sub>, considerando as eficiências de remoção de carga orgânica de 30% e 80% para o tratamento primário e secundário respectivamente, tendo-se calculado estes valores para 1 000 habitantes/ano.

Assim, após reunião dos dados anteriormente tratados, foi possível obter uma estimativa de impactes gerados pela despoluição de águas residuais produzidas por 1000 habitantes durante um ano.

No sentido de obter valores de emissões de CO<sub>2</sub> equivalente associadas ao consumo energético de ETAR de tratamento primário e secundário, efectuou-se a conversão dos valores anuais de consumo de energia implicados nestes graus de tratamento, para um universo de 1 000 habitantes por ano, de acordo com o balanço energético efectuado para a ETAR do Barreiro/Moita.

### **3.1.2 Quantificação dos impactes globais gerados-Cálculo da Área de Pegada Ecológica**

No sentido de melhor quantificar o reflexo global dos impactes estimados, recorreu-se à ferramenta Pegada Ecológica. Assim e atendendo às emissões atmosféricas associadas à despoluição de águas residuais, procedeu-se ao cálculo da Pegada Ecológica do Carbono.

Segundo o *Living Planet Report*, a Pegada Ecológica do Carbono inclui as emissões totais de carbono associadas à queima de combustíveis fósseis, subtraindo as emissões absorvidas pelos oceanos. Assim, o valor obtido corresponde à área florestal necessária para absorver o carbono não absorvido nos oceanos, obtendo-se uma razão de 3,66 t de CO<sub>2</sub> equivalente/gha/ano.

O cálculo desta área assenta nos seguintes pressupostos base:

- A superfície terrestre, assim como os oceanos, desempenha função de armazenamento de fontes e de assimilação de resíduos, sendo que estas funções podem não ocorrer em simultâneo;
- A capacidade biológica de uma área apenas abrange extensões terrestres e aquáticas com uma determinada produtividade ecológica;
- A absorção de carbono ocorre a uma taxa de 0.95 t C/gha/ano, o que corresponde a 3,66 t CO<sub>2</sub>/gha/ano;
- A capacidade biológica de absorver carbono é apenas variável de acordo com a espécie vegetal em questão;

- Para determinar a produtividade das diferentes áreas são utilizados índices de Usos Globais de Zonas Ecológicas Agrícolas.

O valor de taxa de absorção obtido refere-se a hectares globais, ou seja, refere-se à área de vegetação necessária independentemente da sua produtividade.

Assim, considerando as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente associadas à produção de energia eléctrica afectada à ETAR, bem como às emissões associadas ao próprio funcionamento da estação, foi possível obter a área florestal necessária à absorção de CO<sub>2</sub> emitido no tratamento de águas residuais produzidas por 1000 habitantes durante um ano. De referir que este valor depende do grau de tratamento utilizado, pois este implica um consumo energético diferente.

### **3.1.3 Aplicação da estimativa de impactes à situação nacional**

Após obtenção da estimativa dos impactes gerados, assim como da área da Pegada Ecológica de Carbono associada, procedeu-se à aplicação destes resultados à actual situação no território nacional. Para tal, foi necessário caracterizar a situação nacional no que respeita ao tratamento de águas residuais, tendo-se recorrido a informações constantes do relatório final do INSAAR 2005.

Após caracterização da situação nacional, procedeu-se à aplicação dos resultados da estimativa de impactes gerados ao território nacional, de acordo com a informação recolhida.

Assim e após reunião de toda a informação associada, analisaram-se, em termos globais, quais os principais impactes do tratamento de águas residuais e da sua ausência.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 Estimativa dos Impactes ambientais gerados

No que respeita à estimativa dos impactes gerados, os dados necessários à sua obtenção foram recolhidos e convertidos para um referencial de 1000 habitantes por ano, como apresentado na Tabela 4.1 Todos os dados seguidamente apresentados são referentes ao tratamento terciário de águas residuais praticado na ETAR de Chelas.

**Tabela 4.1 – Dados utilizados para a estimativa de impactes**

<b>Dados base (1 000 hab/ano)</b>	
Água residual afluyente (m <sup>3</sup> )	102 083,4
Água residual efluente (m <sup>3</sup> )	101404,5
Lamas (t)	85,8
Areias (m <sup>3</sup> )	3,8
Gradados (m <sup>3</sup> )	1,7
Consumos de água (m <sup>3</sup> )	44,5
Consumo de gás natural (m <sup>3</sup> /ano)	117,8
Carga orgânica afluyente (kg CBO <sub>5</sub> )	21 900
Carga orgânica efluente (kg CBO <sub>5</sub> )	3 066
Consumo de energia (KWh)	55 943,6
Energia produzida (KWh)	1 013,1

No que respeita às emissões atmosféricas de GEE decorrentes do funcionamento da ETAR, a Tabela 4.2 apresenta os valores obtidos relativos a 1 000 habitantes por ano.

**Tabela 4.2 – Valores de emissões atmosféricas anuais relativos ao funcionamento de uma ETAR**

<b>Emissões atmosféricas (t/1000 hab.ano)</b>		<b>Emissões de GEE (t CO<sub>2</sub> equivalente /1000 hab.ano)</b>
CH <sub>4</sub>	4,9	103,7
N <sub>2</sub> O	0,17	52,9
NMCOV	0,025	-

A tabela anterior revela que a maior contribuição para a emissão de GEE provem da emissão de CH<sub>4</sub>. A emissão de Compostos Orgânicos Voláteis, à excepção do Metano (NMCOV), embora não apresente consequências a nível de efeito de estufa, é outro dos gases emitidos, embora em menor escala.

A Tabela 4.3 apresenta os valores de emissões relativos à produção de energia consumida numa ETAR, tendo por base a energia consumida na ETAR de Chelas.

**Tabela 4.3 – Valores de emissões atmosféricas anuais de CO<sub>2</sub> equivalente associadas à produção de energia**

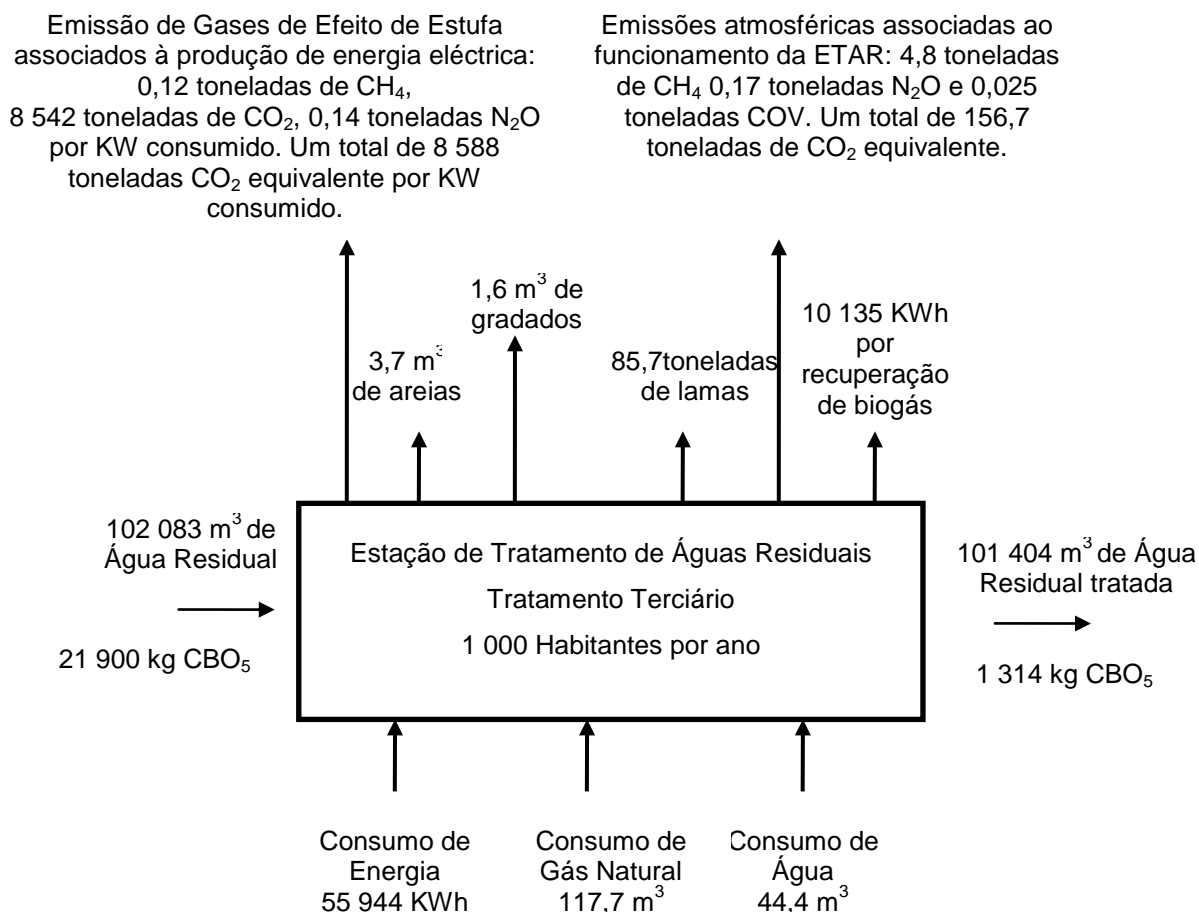
<b><i>Emissões atmosféricas</i></b> <b><i>(t CO<sub>2</sub> equivalente/KWh consumido.1000 hab.ano)</i></b>	
CO <sub>2</sub>	8 541,4
CH <sub>4</sub>	2,7
N <sub>2</sub> O	43,6
Total (t CO <sub>2</sub> /kWh)	8 587,7

A produção de energia consumida na ETAR implica uma importante emissão de GEE, destacando-se o CO<sub>2</sub>.

Atendendo ao valor total obtido, as emissões atmosféricas assumem o valor de 8 588 t CO<sub>2</sub>/ KWh consumido.

O tratamento de águas residuais, embora permita a despoluição aquática e a melhoria da qualidade do ambiente associado, implica o consumo de recursos e a produção de resíduos e de emissões a vários níveis.

A Figura 4.1 apresenta, com base nos resultados acima apresentados, os consumos inerentes ao funcionamento de uma ETAR, bem como os fluxos materiais de saída a ela associados, correspondentes ao tratamento terciário de águas residuais produzidas por 1 000 habitantes e durante um ano.



**Figura 4.1 – Fluxos materiais associados a uma ETAR de tratamento terciário**

Através do esquema anterior verificou-se a abrangência e importância que os impactos gerados apresentam neste processo. Face à recuperação de biogás representada, é de salientar a importante fracção de energia produzida internamente, embora, neste caso, implique a necessidade de consumo de gás natural.

Atendendo aos consumos energéticos relativos às várias etapas de tratamento, foi possível obter o consumo de energia associado ao tratamento primário e secundário de águas residuais. Deste modo obtiveram-se as emissões atmosféricas referentes ao tratamento primário e secundário de efluentes produzidos por 1 000 habitantes durante um ano, como apresentado na Tabela 4.4 e Tabela 4.5.

**Tabela 4.4 – Valores de emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub> equivalente associadas ao tratamento secundário**

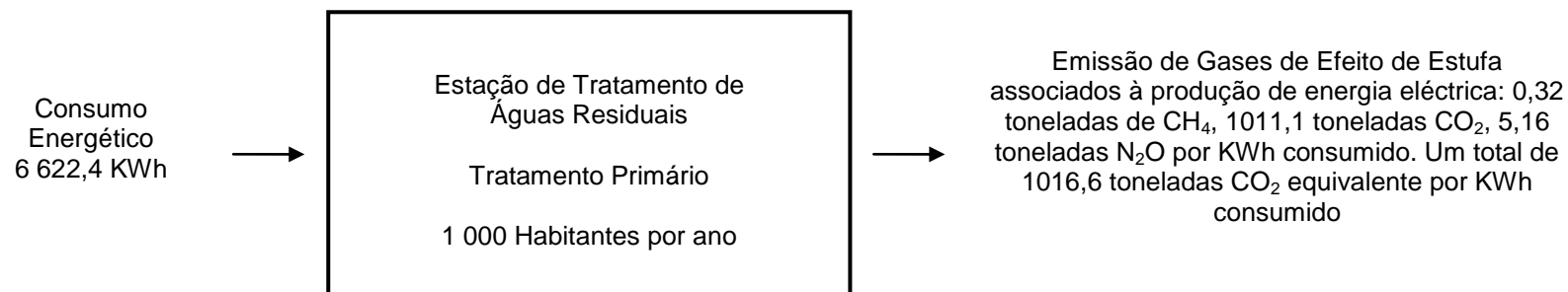
<b>Emissões atmosféricas</b>	
<b>(t CO<sub>2</sub> equivalente/KWh consumido.1000hab.ano)</b>	
CO <sub>2</sub>	5 541,7
CH <sub>4</sub>	1,7
N <sub>2</sub> O	28,3
Total	5 571,7

**Tabela 4.5 – Valores de emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub> equivalente associadas ao tratamento primário**

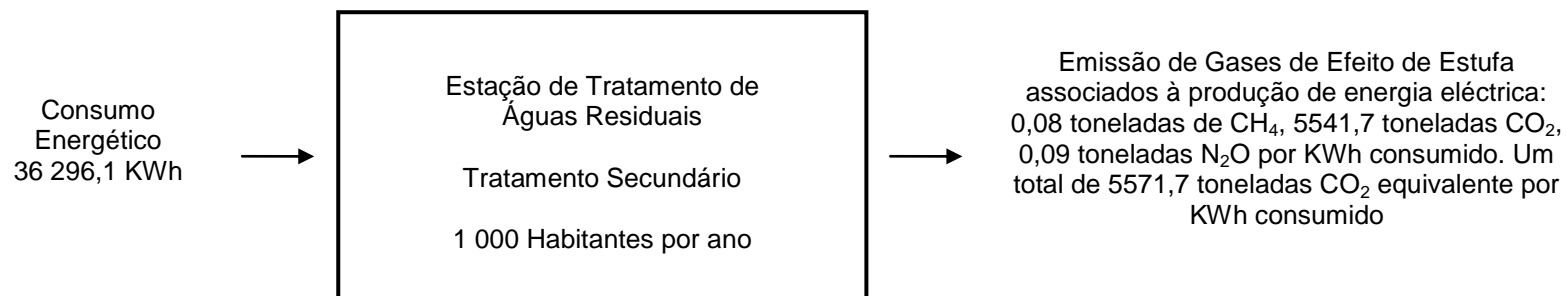
<b>Emissões atmosféricas</b>	
<b>(t CO<sub>2</sub> equivalente/KWh consumido.1000hab.ano)</b>	
CO <sub>2</sub>	1 011,1
CH <sub>4</sub>	0,3
N <sub>2</sub> O	5,16
Total	1 016,6

Através das tabelas anteriores verifica-se que o tratamento secundário é responsável por um valor elevado de emissões atmosféricas, cerca de cinco vezes superior às correspondentes ao tratamento primário.

Estes dados encontram-se esquematizados na Figura 4.2 e Figura 4.3.



**Figura 4.2 – Estimativa das emissões atmosféricas decorrentes do consumo energético implicado no tratamento primário de águas residuais**



**Figura 4.3 – Estimativa das emissões atmosféricas decorrentes do consumo energético implicado no tratamento secundário de águas residuais**

Os dados anuais provenientes do balanço energético da ETAR Barreiro/Moita e após conversão para 1 000 habitantes, permitiram conhecer os gastos energéticos em cada etapa de tratamento. A Tabela 4.6 apresenta os resultados obtidos para algumas destas etapas e equipamentos.

**Tabela 4.6 – Consumos de energia por etapa de tratamento**

<i><b>Equipamento e etapas de tratamento</b></i>	<i><b>Consumo energético anual (kWh/1 000 hab.ano)</b></i>
Compressores	17 549
Desinfecção	6 701
Espessador gravítico	9
Espessador mecânico de lamas biológicas	79
Digestão	3 639
Desidratação	1651
Tratamento da fase gasosa	7 686

Através dos consumos energéticos acima apresentados verificou-se que o tratamento da fase gasosa bem como a desinfecção implicam grandes consumos de energia. O funcionamento dos compressores representa igualmente um elevado consumo energético.

#### **4.2 Quantificação dos impactes globais gerados-Cálculo da Área de Pegada Ecológica**

Tendo em consideração as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente associadas à produção de energia eléctrica afecta à ETAR, bem como as emissões associadas ao funcionamento da mesma, foi possível obter a área florestal necessária à absorção de CO<sub>2</sub> emitido no tratamento de águas residuais produzidas por 1000 habitantes durante um ano. Os valores obtidos para os vários graus de tratamento têm todos origem no balanço energético da ETAR Barreiro/Moita, de modo a permitir uma melhor análise e interpretação. A Tabela 4.7 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 4.7 – Área da Pegada Ecológica de acordo com o grau de tratamento praticado**

<i><b>Grau de Tratamento</b></i>	<i><b>Emissões atmosféricas associadas (t CO<sub>2</sub>/1000 hab.ano)</b></i>	<i><b>Área de Pegada Ecológica (ha)</b></i>
Primário	1 173,3	320,5
Secundário	5 728,4	1 565,1
Terciário	6 757,1	1 846,2

Assim verificou-se que, as ETAR onde se pratica tratamento terciário são as que implicam uma maior área de pegada ecológica, seguindo-se as de tratamento secundário.

### 4.3 Aplicação da estimativa de impactes à situação nacional

#### 4.3.1 Caracterização da situação nacional

A informação veiculada pelo relatório final do INSAAR 2005 permitiu obter uma noção da actual situação nacional no que respeita à distribuição geográfica das ETAR bem como da população por elas servida.

Relativamente ao índice de população servida por tratamento de águas residuais, os valores correspondentes a cada região hidrográfica são apresentados na Tabela 4.8.

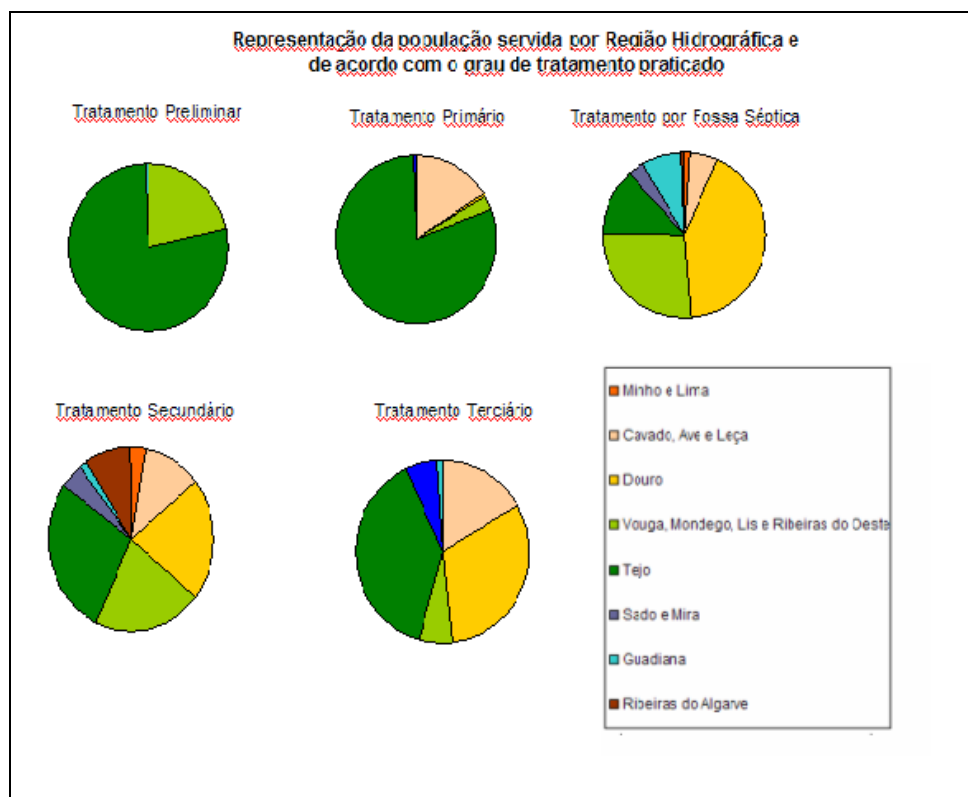
**Tabela 4.8 – Índices de população servida por tratamento de águas residuais em cada região hidrográfica (INSAAR, 2005)**

<i><b>Regiões Hidrográficas</b></i>	<i><b>População servida (habitantes)</b></i>	<i><b>Índice de população servida (%)</b></i>
Continente	6 673 000	66
Minho e Lima	96 000	32
Cavado, Ave e Leça	812 000	57
Douro	1 338 000	66
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste	1 251 000	55
Tejo	2 485 000	77
Sado e Mira	233 000	78
Guadiana	184 000	72
Ribeiras do Algarve	274 000	75
Açores	84 000	35
Madeira	123 000	50

Atendendo aos valores acima apresentados, verificou-se que as regiões do Tejo, Sado e Mira, Guadiana e Ribeiras do Algarve são as que apresentam os índices mais elevados de população servida por tratamento de águas residuais.

Segundo o relatório final do INSAAR em 2005, a população servida por drenagem de águas residuais é de 7 356 000 habitantes no Continente (73%), 150 000 habitantes na Madeira (61% da população) e 112 000 habitantes nos Açores (46% da população).

A Figura 4.4 apresenta a população servida por tratamento de águas residuais, consoante o grau de tratamento praticado em cada região hidrográfica.



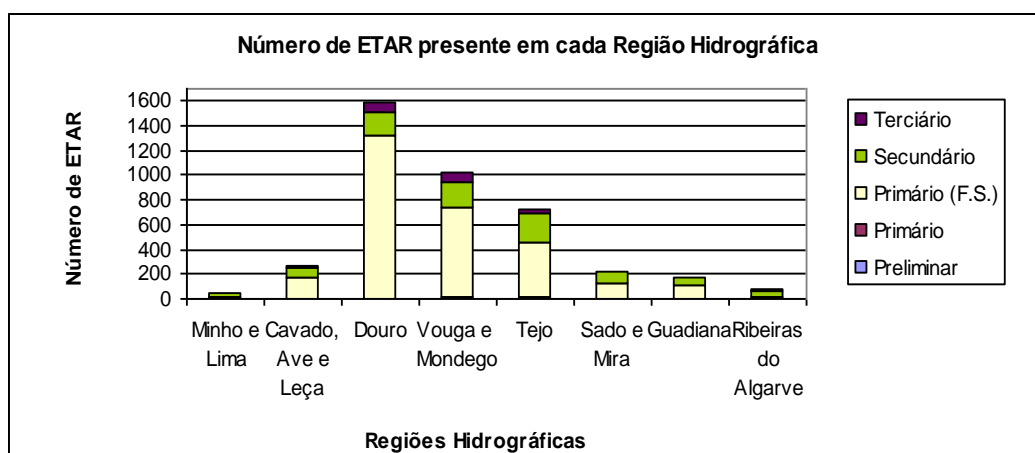
**Figura 4.4 – População servida de acordo com o grau de tratamento de águas residuais praticado por região hidrográfica (Adaptado de INSAAR, 2005)**

É possível verificar que as regiões do Tejo, Douro, Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste são as que apresentam um maior número de habitantes servido por tratamento de águas residuais.

O tratamento secundário é o mais utilizado, sendo que, em termos de expressão na globalidade do território, o tratamento por fossa séptica é bastante significativo.

Segundo o relatório final do INSAAR, 2005 e no que diz respeito ao número de instalações de tratamento por região e por grau de tratamento, a situação nacional apresenta a configuração representada no gráfico da Figura 4.5.





**Figura 4.5 – Representação gráfica do número de ETAR existente por região hidrográfica de acordo com o grau de tratamento (Adaptado de INSAAR, 2005)**

A figura anterior demonstra que o tratamento por fossa séptica é largamente utilizado. Ainda assim, o número de ETAR de tratamento secundário apresenta uma grande expressão relativamente aos restantes graus de tratamento. É nas regiões do Douro, Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste e Tejo, que o número de ETAR assume os valores mais elevados.

De referir que o tratamento de águas residuais nas regiões da Madeira e Açores é feito quase exclusivamente por fossa séptica.

A caracterização da situação nacional relativa a esta problemática, revelou igualmente que existe um número considerável de ETAR cuja situação de funcionamento é indefinida.

Segundo dados do relatório final do INSAAR 2005, foi possível conhecer a dimensão das ETAR em Portugal Continental e o respectivo grau de tratamento, como apresentado na Tabela 4.9.

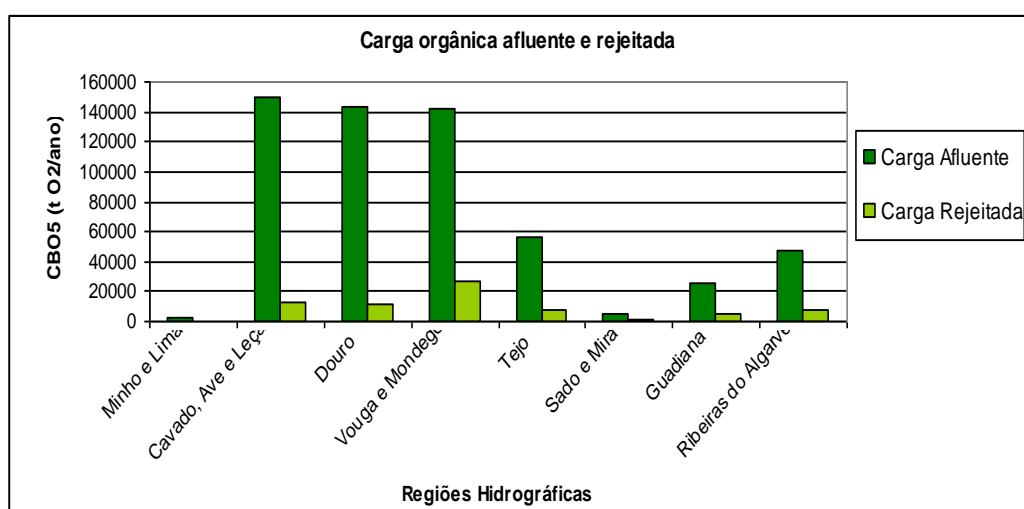
**Tabela 4.9 – Número de ETAR existente atendendo à respectiva dimensão e grau de tratamento praticado (Adaptado de INSAAR, 2005)**

<b>Grau de Tratamento</b>	<b>População &lt;5 000 hab</b>	<b>População entre 5000 e 15 000 hab</b>	<b>População &gt;15 000 hab</b>
Primário	58	8	1
Secundário	688	42	37
Terciário	37	9	16

Assim, verifica-se que as ETAR de dimensão inferior a 5 000 habitantes existem em maior número comparativamente com as ETAR que servem populações superiores a 5 000 habitantes, sendo que as ETAR de dimensão superior a 15 000 habitantes são as que apresentam menor expressão a nível nacional.

No que respeita ao grau de tratamento, constata-se que em ETAR de pequena dimensão, a utilização de apenas tratamento primário assume alguma importância (geralmente por fossa séptica), sendo que em ETAR de média e grande dimensão, esta situação raramente ocorre. Relativamente ao tratamento secundário, verifica-se que este é o mais utilizado, independentemente da dimensão da ETAR. O tratamento terciário assume maior expressão em ETAR de dimensão superior a 15 000 habitantes, do que em ETAR de dimensão média, sendo no entanto, utilizado em menor escala do que os tratamentos primário e secundário.

Atendendo aos dados presentes no relatório final INSAAR 2005 e no sentido de conhecer as eficiências de remoção praticadas nas ETAR de cada região hidrográfica em Portugal, importa conhecer a carga orgânica bruta afluente à estação de tratamento e a carga orgânica rejeitada, após tratamento. A Figura 4.6 apresenta as eficiências de remoção por região, bem como as cargas afluentes e rejeitadas.



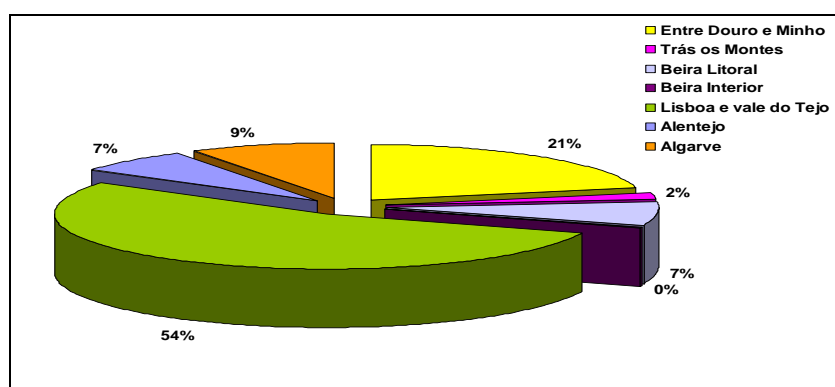
**Figura 4.6 – Representação gráfica da carga orgânica afluente e rejeitada por região hidrográfica**  
(Adaptado de INSAAR, 2005)

Os valores mais elevados de eficiência de remoção de carga orgânica verificam-se nas regiões do Cávado, Ave e Leça, na região do Douro e na do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste.

As descargas de águas residuais tratadas predominam na zona do Douro, Vouga e Ribeiras do Algarve. A elevada concentração de descargas na região do Douro e Cávado pode representar um grande impacto visto nestas regiões existirem zonas consideradas sensíveis.

Os pontos de descarga no solo situam-se, principalmente, na região do Douro e do Vouga e Mondego. As descargas directas em troços de linha de água predominam na zona do Tejo, da Madeira e dos Açores. O solo é igualmente muito utilizado como meio receptor de descargas directas (INSAAR 2005).

A Figura 4.7 representa esquematicamente a produção anual de lamas no território nacional, baseando-se nos dados disponibilizados pelo INSAAR relativos ao ano de 2002.



**Figura 4.7 – Estimativa da produção diária de lamas em território nacional**  
(Adaptado de INSAAR, 2002)

Assim, as regiões de Lisboa e Vale do Tejo e do Douro e Minho apresentam os valores mais elevados de produção anual de lamas, seguindo-se as regiões Algarve, Beira Litoral e Alentejo.

#### **4.3.2. Aplicação dos impactes estimados à situação nacional**

Aplicando os resultados da quantificação dos impactes gerados à situação nacional, foi possível compreender a sua expressão em termos globais.

A Tabela 4.10 apresenta a estimativa de consumo energético anual implicado nos tratamentos primário, secundário e terciário, considerando a população servida por cada um destes graus de tratamento, por região hidrográfica.

**Tabela 4.10 – Consumo anual de energia decorrente do tratamento primário, secundário e terciário praticado em cada região hidrográfica**

<b>Regiões Hidrográficas</b>	<b>População servida (habitantes)</b>	<b>Consumo energético (KWh/ano)</b>
Minho e Lima	87 080	31 590 201
Cávado, Ave e Leça	670 000	23 152 473
Douro	1 087 000	42 625 080
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste	695 000	25 364 592
Tejo	1 879 000	57 360 792
Sado e Mira	216 000	8 403 751
Guadiana	167 000	6 290 222
Ribeiras do Algarve	268 000	9 811 595

Deste modo, verificou-se que o consumo energético é bastante significativo nas regiões do Douro e Tejo, sendo menor nas regiões do Sado e Mira, Guadiana e Ribeiras do Algarve.

Atendendo às emissões atmosféricas resultantes quer do funcionamento da própria ETAR, quer da produção de energia consumida na mesma, foi possível obter o total de emissões atmosféricas anuais de GEE, de acordo com o grau de tratamento praticado, como se apresenta na Tabela 4.11.

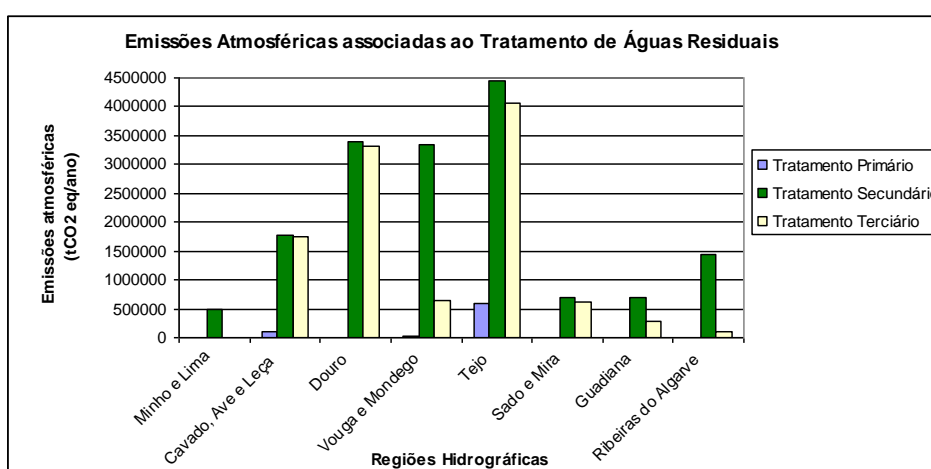
**Tabela 4.11 – Total de emissões atmosféricas geradas de acordo com o grau de tratamento praticado**

<b>Grau de tratamento</b>	<b>População servida (habitantes)</b>	<b>Emissões atmosféricas (t CO<sub>2</sub>/KWh consumido.ano)</b>	<b>Emissões atmosféricas (t CO<sub>2</sub>/ano)</b>	<b>Emissões atmosféricas totais (t CO<sub>2</sub>/ano)</b>
Primário	625 060	635 423,9	97 976,9	733 400
Secundário	2 843 000	15 840 403,3	445 634,8	16 286 038
Terciário	1 601 020	10 567 175,4	250 956,8	10 818 132

Através da tabela anterior foi possível verificar que o tratamento secundário representa a maior contribuição para as emissões atmosféricas de GEE associados a este processo, seguindo-se o tratamento terciário.

De acordo com a estimativa referente às emissões atmosféricas associadas ao tratamento, estas assumem o valor mais elevado quando se trata do tratamento terciário, dado o maior consumo de energia implicado. No entanto, a nível nacional, visto que a utilização de tratamento secundário é predominante, é este que mais contribui para as emissões atmosféricas associadas a este processo.

A Figura 4.8 representa as emissões atmosféricas anuais associadas aos diferentes graus de tratamento de águas residuais praticados nas várias regiões hidrográficas, de acordo com a população servida.



**Figura 4.8 – Emissões atmosféricas geradas em cada região hidrográfica e de acordo com o grau de tratamento praticado**

Através do gráfico anterior verificou-se que as emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub> equivalente assumem o maior valor na região do Tejo, seguindo-se as regiões do Douro e do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste, predominado a contribuição do tratamento secundário e terciário.

No que respeita ao tratamento de águas residuais, a área de Pegada Ecológica correspondente à situação nacional, permitiu averiguar a expressão dos impactes associados às emissões atmosféricas provenientes deste processo.

Se considerarmos a totalidade de população servida por tratamento de águas residuais, de acordo com o grau de tratamento praticado, a área florestal necessária à absorção do CO<sub>2</sub> emitido durante um ano, é apresentada na Tabela 4.12.

**Tabela 4.12 – Área total de Pegada Ecológica atendendo ao grau de tratamento realizado**

<b>Grau de Tratamento</b>	<b>População servida (habitantes)</b>	<b>Área da Pegada Ecológica (ha)</b>
Primário	625 060	200 282
Secundário	2 843 000	4 449 737
Terciário	1 601 020	2 955 773

Em termos nacionais, o tratamento secundário é responsável pelo maior valor de Pegada Ecológica, dado ser o grau de tratamento mais utilizado a nível nacional, embora o tratamento terciário, seja aquele que apresenta mais emissões atmosféricas associadas.

Atendendo à população servida por tratamento de águas residuais e ao grau de tratamento praticado, foi possível obter a área de Pegada Ecológica do Carbono correspondente a cada região e para o período de um ano, Tabelas 4.13 a Tabela 4.15.

**Tabela 4.13 – Área de Pegada Ecológica por região correspondente ao tratamento primário**

<b>Região Hidrográfica</b>	<b>População servida (habitantes)</b>	<b>Área de Pegada Ecológica (ha)</b>
Minho e Lima	60	19
Cávado, Ave e Leça	98 000	31 409
Douro	4 000	1 282
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste	17 000	5 449
Tejo	501 000	160 571
Sado e Mira	2 000	641
Guadiana	2 000	641
Ribeiras do Algarve	1 000	321

**Tabela 4.14 – Área de Pegada Ecológica por região correspondente ao tratamento secundário**

<b>Região Hidrográfica</b>	<b>População servida (habitantes)</b>	<b>Área de Pegada Ecológica (ha)</b>
Minho e Lima	87 000	136 164
Cávado, Ave e Leça	312 000	488 311
Douro	592 000	926 540
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste	582 000	910 889
Tejo	777 000	1 216 083
Sado e Mira	121 000	189 378
Guadiana	122 000	190 942
Ribeiras do Algarve	250 000	391 275

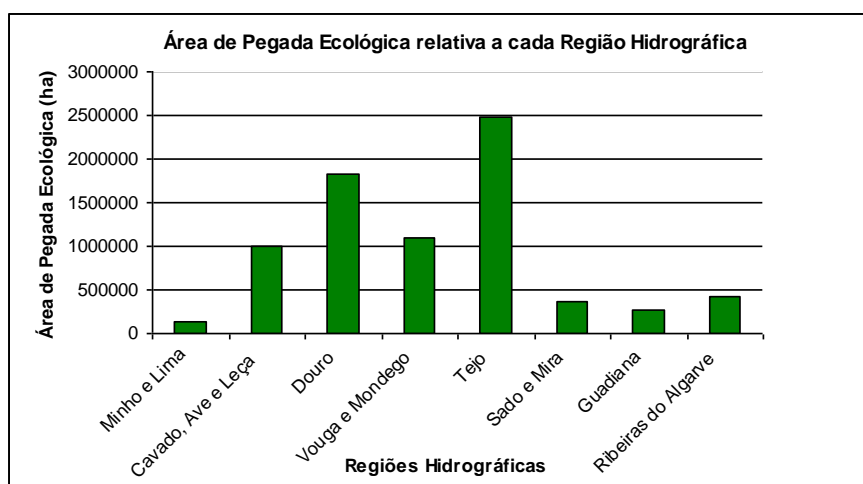
**Tabela 4.15 – Área de Pegada Ecológica por região correspondente ao tratamento terciário**

<b>Região Hidrográfica</b>	<b>População servida (habitantes)</b>	<b>Área de Pegada Ecológica (ha)</b>
Minho e Lima	20	36,9
Cávado, Ave e Leça	260000	480 007
Douro	491000	906 476
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste	96000	177 233
Tejo	601000	1 109 555
Sado e Mira	93000	171 695
Guadiana	4300	79 386
Ribeiras do Algarve	17000	31 385

Em termos nacionais, a área vegetal necessária à absorção do CO<sub>2</sub> resultante do funcionamento de uma ETAR, assume valores superiores quando se trata de tratamento secundário de águas residuais.

As regiões hidrográficas onde o valor da pegada assume maior expressão, são as regiões do Tejo, Douro, Cávado, Ave e Leça a região do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste.

A Figura 4.9 apresenta a área de Pegada Ecológica associada ao tratamento de águas residuais praticado nas diferentes regiões hidrográficas, referente ao período de um ano, incluindo os vários graus de tratamento.



**Figura 4.9 – Área de Pegada Ecológica associada a cada região hidrográfica**

Através do gráfico anterior, foi possível confirmar que, independentemente do grau de tratamento praticado, a área de pegada ecológica assume o maior valor nas regiões do Tejo e Douro.

Em termos globais, o tratamento de águas residuais gera impactes cuja expressão difere, de acordo com o grau de tratamento e com o domínio afectado. A Tabela 4.16 apresenta a quantificação de alguns dos impactes gerados, considerando a totalidade de população servida por tratamento primário, secundário e terciário.

**Tabela 4.16 – Quantificação dos impactes gerados pelos vários graus de tratamento**

Impacte gerado	Grau de Tratamento		
	Primário	Secundário	Terciário
Carga orgânica rejeitada no meio receptor (t CBO <sub>5</sub> /ano)	9 582 169	3 735 702	2 103 740
Lamas produzidas (t MS/ano)	20 533	93 392	52 594
Emissões atmosféricas (t CO <sub>2</sub> equivalente/ano)	733 400	16 280 038	10 818 132
Consumo energético (KWh/ano)	4 139 372	103 189 898	68 838 256

A tabela anterior evidenciou que, a nível nacional, o tratamento secundário é responsável pela maior expressão dos impactes gerados, seguindo-se o tratamento terciário.

Nesta quantificação, considerou-se uma capitação de água residual de 60g CBO<sub>5</sub>/hab.dia e um valor de capitação de lamas de 90g/hab.dia.

Assim, se por um lado, os tratamentos secundário e terciário de águas residuais contribuem para uma importante redução da carga orgânica rejeitada nos meios receptores, por outro lado, implicam elevados valores de emissões de GEE e de consumos energéticos. Adicionalmente, em ETAR de tratamento secundário e terciário existe uma elevada produção de lamas, cujos impactes positivos se poderão reflectir nos solos agrícolas onde são aplicadas.

A Tabela 4.17 representa o balanço de impactes evitados, positivos e impactes negativos gerados pelo tratamento de águas residuais, por região hidrográfica e por domínio afectado.



**Tabela 4.17 - Balanço dos impactes gerados e evitados pelo tratamento de águas residuais em cada região hidrográfica**

		<i>Região do Minho e Lima</i>	<i>Região do Cávado, Ave e Leça</i>	<i>Região do Douro</i>	<i>Região do Vouga, Mondego, Lis e Ribei­ras do Oeste</i>	<i>Região do Tejo</i>	<i>Região do Sado e Mira</i>	<i>Região do Guadiana</i>	<i>Região de Ribei­ras do Algarve</i>
<b>Impactes Positivos</b>	Carga orgânica produzida (t O <sub>2</sub> /ano)	2 212	149 136	142 790	142 681	56 315	5 131	25 077	47 987
	Carga orgânica removida (t O <sub>2</sub> /ano)	328	13 155	11 030	27 292	7 233	934	5 412	8 310
	Lamas produzidas (t)	28 601	22 010	35 708	22 831	61 725	7 096	5 486	8 804
<b>Impactes Negativos</b>	Consumo Energético (KWh/ano)	3 159 021	23 152 474	42 625 080	25 364 592	57 360 792	8 403 751	6 290 222	9 811 595
	Emissões de GEE (t CO <sub>2</sub> eq./ano)	498 576	3 659 090	6 713 642	4 002 557	9 099 807	1 323 893	991 767	1 548 144

Os impactes evitados assumem maior expressão nas regiões do Cávado, Ave e Leça, Douro, Mondego e Tejo, visto que, nestas regiões, a remoção de carga orgânica apresenta percentagens elevadas. No que respeita à produção de lamas, é também nestas regiões que se atingem os valores mais elevados. As regiões do Minho e Lima e a das Ribeiras do Algarve apresentam igualmente uma elevada remoção de carga orgânica do efluente, o que constitui um impacte positivo importante.

Relativamente aos impactes negativos gerados, estes são bastante acentuados nas regiões do Tejo e Douro, quer em termos de emissões atmosféricas, quer em termos de consumo de energia, sendo menos significativos nas restantes regiões.

## 5 DISCUSSÃO

No que se refere à situação nacional relativa ao tratamento de águas residuais, o índice de população servida por drenagem e tratamento revela que as regiões hidrográficas do Douro, Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste bem como a do Tejo, são as que possuem maior número de habitantes servidos por drenagem e tratamento de águas residuais. No entanto, é nas regiões do Tejo, Sado e Mira, Guadiana e Ribeiras do Algarve que o índice de tratamento assume valores superiores. As regiões dos Açores, do Minho e Lima, do Cávado, Ave e Leça são as que apresentam menor índice de população servida por drenagem e tratamento de águas residuais. Embora as regiões do Douro, Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste apresentem um elevado número de habitantes servidos, a população residente é comparativamente superior aquela que é servida por drenagem de águas residuais, pelo que estes índices se apresentam mais baixos nestas regiões, apesar do elevado número de habitantes servidos. Ao contrário, nas regiões do Sado e Mira, Guadiana e Ribeiras do Algarve, a população residente aproxima-se do número de habitantes servidos, pelo que os índices de drenagem nestas regiões são elevados.

Relativamente à população servida por tratamento de águas residuais em cada região hidrográfica e por grau de tratamento, verificou-se que uma grande parte da população é servida por tratamento secundário. No entanto, é notório que o tratamento terciário nas regiões do Douro e Tejo assume já uma expressão bastante significativa. Na região dos Açores, o tratamento primário por fossa séptica é ainda bastante utilizado. Dada a elevada percentagem de utilização de fossas sépticas nos Açores e no Continente comparativamente com o tratamento em ETAR, existe um elevado potencial de impactes associado, não só pela contaminação do solo adjacente como também das águas subterrâneas, podendo gerar problemas de saúde pública. À excepção da região do Minho, Ribeiras do Algarve e Madeira, que são as únicas onde o número de fossas sépticas utilizadas como tratamento é inferior ao número de ETAR, o restante território está mais exposto aos impactes associados ao uso de fossas sépticas.

Constatou-se que as regiões do Douro, Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste e Tejo são as que apresentam maior número de ETAR, predominado a utilização de tratamento secundário. As regiões do Minho e Lima e Ribeiras do Algarve são as que apresentam menor número de ETAR.

No que respeita à eficiência de remoção de carga orgânica, verificou-se que esta apresenta valores superiores nas regiões onde a utilização de tratamento secundário é significativa e onde o tratamento terciário assume alguma expressão, seguindo-se as

regiões do Minho e Lima, Sado e Mira e Ribeiras do Algarve. É possível verificar que, em termos nacionais, a eficiência de remoção aproxima-se do valor médio de 80%.

Pela comparação de alguns indicadores de 2002 e 2005 verificou-se uma certa evolução no grau de tratamento utilizado e no índice de população servida por drenagem e tratamento.

A relação entre o número de ETAR de uma dada dimensão e o grau de tratamento que nela se pratica revelou que predominam as ETAR de menor dimensão, sendo que o tratamento secundário, independentemente da dimensão da ETAR, é o mais utilizado. O tratamento terciário assume maior expressão em ETAR de maior dimensão.

As ETAR de menor dimensão tendem a localizar-se nas regiões do interior do território, de forma dispersa, o que está relacionado com o tipo de povoamento no interior do país. Ao contrário, as ETAR de maior dimensão predominam nas regiões litorais, encontrando-se concentradas em zonas de elevada densidade populacional.

Tendo em conta a estimativa de impactes obtida, é possível constatar que, quanto maior o número de habitantes servidos por ETAR de maior dimensão, maiores serão os impactes inerentes às emissões atmosféricas com odor incómodo associado, ao consumo de energia, à produção de lamas e outros subprodutos. No entanto, verificou-se que, com a recuperação energética, através do biogás produzido no processo de tratamento, é possível produzir uma significativa fracção de energia que pode contribuir para uma redução do recurso a combustíveis fósseis.

No que respeita ao consumo energético associado ao funcionamento de uma ETAR, constatou-se que este é mais significativo quando se trata de tratamento terciário de efluentes, assim como em termos de emissões de GEE.

A nível nacional, os valores mais elevados de consumo energético referem-se ao tratamento secundário de águas residuais, visto ser o grau de tratamento predominante em Portugal. Assim, e atendendo à distribuição territorial das ETAR, são as regiões do Tejo, Douro, Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste e Cávado, Ave e Leça que apresentam valores superiores de consumo de energia e de emissões atmosféricas. As emissões atmosféricas decorrentes do tratamento primário assumem maior expressão na região do Tejo, visto nela existir um número considerável de ETAR deste tipo. De referir que, na região do Tejo, além de existir um elevado número de ETAR, existe também uma considerável percentagem de descargas directas de águas residuais no meio receptor. Assim, além dos impactes associados ao funcionamento das ETAR, em termos de qualidade do meio receptor, a situação é agravada.

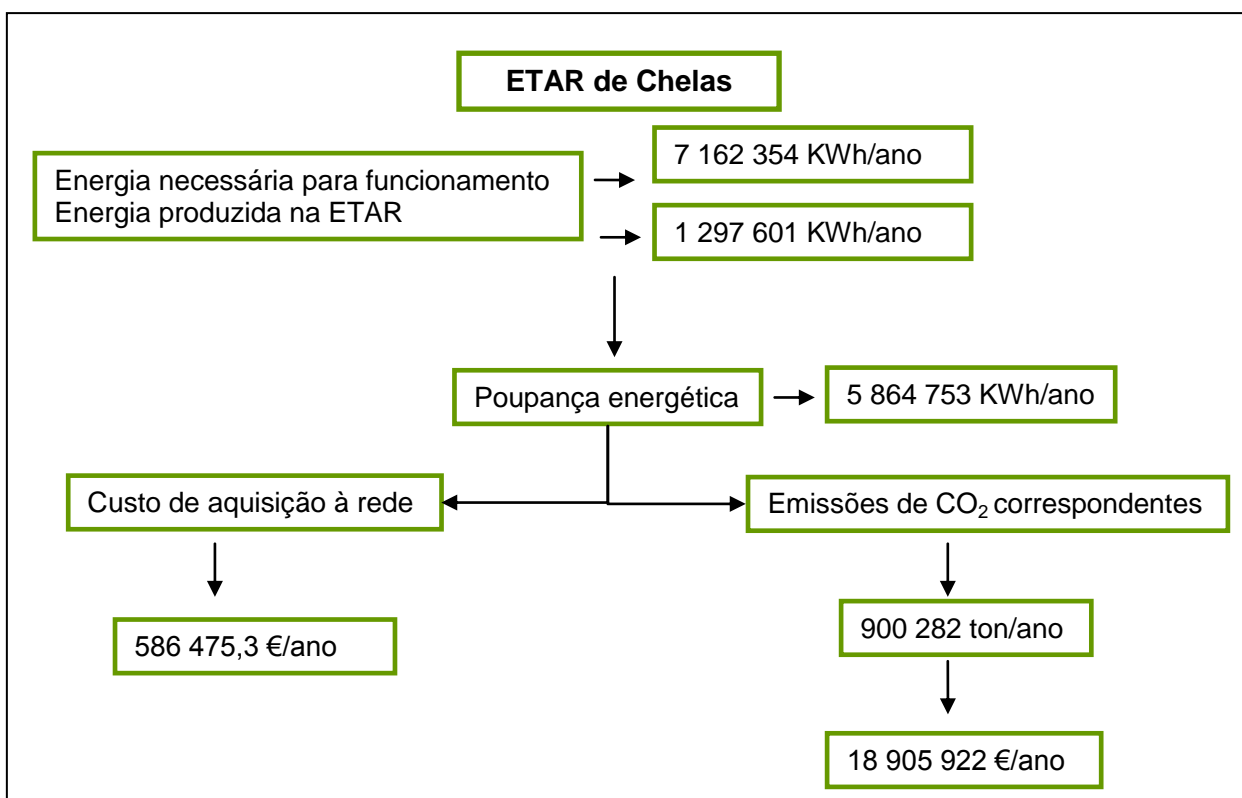
O facto destas regiões, em especial a do Douro e Tejo, apresentarem uma concentração populacional elevada, potencia o impacte gerado pelas ETAR existentes. Deste modo, os impactes associados ao odor incómodo e ruído podem ser bastante significativos devido à proximidade entre algumas ETAR e os agregados populacionais destas regiões.

No que respeita à remoção de carga orgânica, salienta-se o facto de esta ser mais significativa quando praticada em ETAR de tratamento secundário e terciário, o que se reflecte nas regiões do Douro, Tejo e Cávado, Ave e Leça. Por um lado, os impactes negativos gerados pelo tratamento de águas residuais, nestas regiões, são elevados, por outro lado, a remoção de carga orgânica do efluente é bastante significativa nestas mesmas regiões. É também nestas regiões que a produção de lamas é mais elevada, sendo assim mais provável o seu encaminhamento para valorização agrícola, visto que, nestas regiões, existe um número significativo de ETAR de tratamento secundário e terciário, o que assegura a existência do tratamento da fase sólida de acordo com o exigido pelo Decreto-Lei nº 118/2006, de 21 de Junho.

Em ETAR de maior dimensão, ocorrerá uma maior produção de lamas. Quanto maior a produção de lamas associada, maior será o gasto energético ao nível do seu tratamento, o que é significativo no balanço energético global. Esta situação implica maiores impactes associados, quer ao nível de gastos energéticos do seu tratamento quer ao nível do seu transporte para destino final e à sua deposição no solo. No entanto, a região onde as lamas são depositadas nem sempre coincide com a zona de produção das mesmas. Assim, acrescem os custos associados ao seu transporte bem como os impactes em termos de ruído e qualidade do ar.

O balanço verificado para este processo revelou contrastes bastantes acentuados em regiões onde o grau de tratamento praticado é mais “elevado”.

Considerando os dados representativos dos fluxos energéticos inerentes ao funcionamento da ETAR de Chelas, foi possível efectuar uma abordagem dos custos de aquisição de energia eléctrica do custo associado à emissão de CO<sub>2</sub>, como apresentado na Figura 5.1.



**Figura 5.1 – Análise de custos de energia e de emissões de CO<sub>2</sub>**

Na Figura 5.1, mostram-se, aproximadamente, os custos envolvidos na poupança energética da ETAR de Chelas, adoptada aqui como exemplo, e considerando 0,10 €/KWh e 21 €/t CO<sub>2</sub> equivalente emitida.

Admitindo que o custo de aquisição de energia à rede incorpora o custo de emissão de CO<sub>2</sub>, constata-se que este custo deverá exceder o valor da tarifa praticada, o que é relevante, pelo que será importante reforçar a quota de energia correspondente a fontes renováveis.

No caso da ETAR de Chelas, verifica-se que, dispondo de recuperação de energia incorporada no processo de tratamento, obtém-se uma redução da factura energética de 18,1% e que, a essa redução, está associada uma redução de custos de emissões de CO<sub>2</sub> de 4 183 024€, o que representa uma poupança líquida para o País.

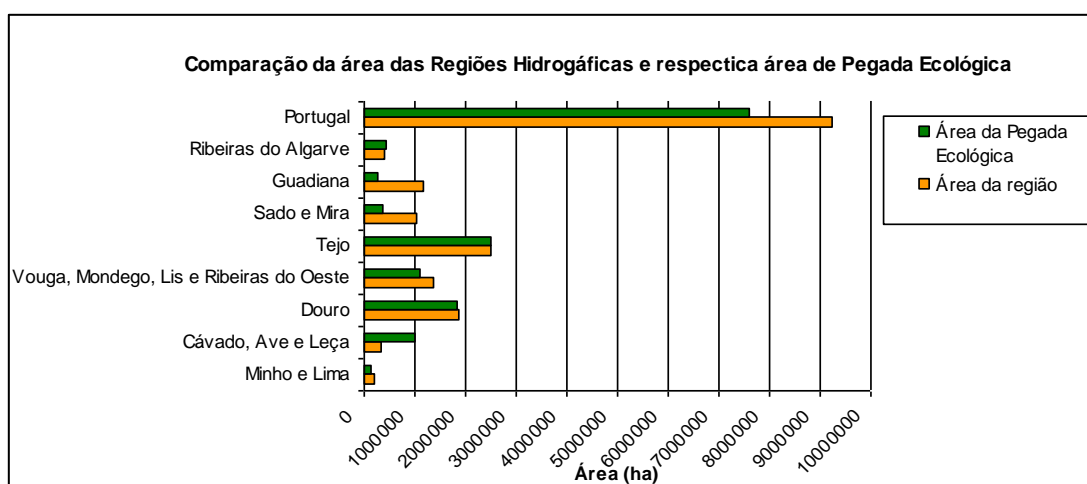
A aplicação dos resultados provenientes do cálculo da Pegada Ecológica à situação nacional referente ao tratamento de águas residuais, permitiu compreender a expressão territorial e global dos mesmos.

A área vegetal necessária à absorção do CO<sub>2</sub> decorrente do funcionamento de uma ETAR, para o período de um ano, assume valores superiores quando se trata de tratamento terciário de águas residuais.

No entanto, atendendo à totalidade de população servida por tratamento de águas residuais e considerando o grau de tratamento praticado, constatou-se que o tratamento secundário é responsável pelo maior valor de pegada ecológica, seguindo-se o tratamento terciário. Quanto ao tratamento primário, além do valor de emissões atmosféricas associadas ser cerca de seis vezes inferior ao verificado para o tratamento secundário, este grau de tratamento é pouco utilizado. Assim, o valor da área de Pegada Ecológica referente à totalidade de população servida apenas por tratamento primário é bastante inferior, relativamente aos restantes graus de tratamento.

Atendendo à extensão territorial de cada uma das regiões hidrográficas e à distribuição actual das ETAR nas mesmas, assim a área da pegada será superior à área da região numa situação de médio ou longo prazo.

Apesar dos resultados obtidos se basearem em estimativas decorrentes dos pressupostos e simplificações adoptadas, seguidamente apresentam-se algumas comparações globais, que são indicativas da problemática analisada.



**Figura 5.2 – Comparação da área de cada região hidrográfica com a respectiva área de Pegada Ecológica**

Da análise da Figura 5.2 e atendendo à extensão em que o tratamento primário, secundário e terciário é praticado em cada região, constata-se que, nas regiões de Ribeiras do Algarve e Cávado, Ave e Leça a área da pegada ecológica excede a área das regiões, o que é indicativo de forte desequilíbrio, uma vez que, as áreas das regiões nunca poderiam ser totalmente consideradas para fixação de CO<sub>2</sub>, dadas as actividades que aí se desenvolvem.

A área da região do Tejo é aproximadamente igual à respectiva área de Pegada Ecológica.

Nas regiões onde ocorre esta situação, o número de instalações de tratamento é elevado, o que potencia esta situação.

Num período aproximado de um ano, a área da pegada será superior à região hidrográfica do Douro, devendo-se esta situação à presença de um número significativo de ETAR de tratamento secundário e terciário na região.

No caso da região do Cávado, Ave e Leça, dado tratar-se duma região pouco extensa e com elevada concentração de ETAR, a área da pegada ultrapassa actualmente a extensão da região.

Na região do Minho e Lima, embora o número de ETAR seja reduzido, trata-se de uma região de pequena dimensão, pelo que, a respectiva área de Pegada Ecológica excede brevemente a área da própria região.

Considerando a totalidade de população servida por tratamento de águas residuais, a área florestal necessária para absorver as emissões anuais de GEE emitidos neste processo, corresponde a 82 % do território nacional.

Deste modo, embora dependendo do tipo de tratamento utilizado futuramente e da distribuição das ETAR no território nacional, será necessário cerca de um ano para que o valor da Pegada Ecológica de carbono, exceda a área territorial portuguesa.

Em suma, foi possível apurar que nas regiões do Douro, Tejo, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste e Cávado, Ave e Leça, o número de ETAR é elevado, bem como o número de habitantes servidos pelas mesmas. Deste modo, nestas zonas, os impactes associados ao funcionamento de uma ETAR são mais significativos. Os impactes gerados reflectem-se ao nível de emissões acústicas e atmosféricas, consumos de energia e produção de subprodutos. Estas regiões apresentam um elevado número de ETAR de tratamento secundário, sendo por isso responsáveis pela maior parte das emissões atmosféricas decorrentes deste processo. Por esta razão, a área de Pegada Ecológica assume os valores mais elevados nestas regiões.

No entanto, nestas regiões e em termos de meio receptor, alguns impactes poderão ser atenuados visto que a eficiência de remoção de carga orgânica assume aqui os valores mais elevados, relativamente ao restante território. Esta situação deve-se ao facto de, nestas regiões, existir uma expressiva utilização de tratamento secundário e uma crescente utilização de terciário, o que pode atenuar os impactes sentidos nos respectivos meios receptores.

Os impactes ao nível de consumo de energia são mais significativos em ETAR onde ocorre tratamento secundário e terciário. Deste modo, a produção interna de energia revela-se como um aspecto importante a desenvolver, sendo que este processo implica a



necessidade de consumir de gás natural ou outro recurso, com emissões de GEE associadas à sua produção. Assim, quanto maior a produção de lamas associada, maiores serão os gastos energéticos ao nível do seu tratamento, o que é significativo no balanço energético global.

Os resultados alcançados revelam a grande extensão de domínios afectados pelos impactes gerados no tratamento de águas residuais. Muitos destes impactes reflectem-se não só a nível local e pontual, mas influenciando outras variáveis com consequências a nível global.

A Tabela 5.1 apresenta os impactes organizados por descritores e as respectivas consequências a um nível mais abrangente.

**Tabela 5.1 – Impactes locais e globais associados ao tratamento de águas residuais**

<b>Descritor</b>	<b>Impactes Locais</b>	<b>Impactes Indirectos/Globais</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hidrologia e qualidade da água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoria da qualidade da água comparativamente com a situação de ausência de tratamento;</li> <li>Alteração do padrão de qualidade da água;</li> <li>Possível eutrofização e anoxia do meio;</li> <li>Alteração nas redes tróficas;</li> <li>Perturbação do ecossistema;</li> <li>Toxicidade e problemas de saúde pública;</li> <li>Degradação do meio aquático com a produção de maus cheiros e vectores associados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteração do padrão de qualidade da água a nível global;</li> <li>Inviabilização de algumas utilizações e actividades no meio aquático;</li> <li>Crescente escassez de fontes de água adequadas para consumo humano, para fins agrícolas e para actividades de recreio e pesca;</li> <li>Potencial contaminação e toxicidade associadas ao consumo de água com repercussões na saúde pública.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Características geomorfológicas e qualidade do solo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteração do uso do solo;</li> <li>Incremento de áreas impermeáveis e possível interferência no escoamento superficial;</li> <li>Possível contaminação de águas subterrâneas e solos adjacentes;</li> <li>Melhoria da estrutura, estabilidade e disponibilidade de nutrientes nos solos, em virtude da aplicação de lamas;</li> <li>Risco de contaminação do solo e potenciais problemas de saúde pública, associados à deposição de lamas, em especial através de metais pesados;</li> <li>Aumento da fertilidade e produtividade dos solos onde são aplicadas lamas;</li> <li>Contribuição para a deposição de resíduos em aterro (gradados).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diminuição do recurso a fertilizantes químicos, atenuando riscos de toxicidade associados ao consumo de alimentos assim produzidos;</li> <li>Redução da probabilidade de contaminação de aquíferos;</li> <li>Redução da utilização do aterro sanitário como destino final das lamas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade do ar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produção de odor incómodo associado ao ácido sulfídrico e outros compostos de enxofre;</li> <li>Emissão de GEE associados aos processos de tratamento e ao transporte de subprodutos;</li> <li>Emissão de aerossóis;</li> <li>Emissão de compostos orgânicos voláteis, com potenciais efeitos cancerígenos e tóxicos;</li> <li>Problemas de toxicidade e corrosão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contribuição para o efeito de estufa através da emissão de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, potenciando assim o aquecimento global;</li> <li>Problemas respiratórios associados à emissão de aerossóis e outros gases;</li> <li>Possível precursão de chuvas ácidas e smog fotoquímico em virtude da emissão de COV's;</li> <li>Possibilidade de recuperar o biogás, produzindo energia eléctrica e/ou térmica, minimizando a dependência dos</li> </ul>

	associados a compostos de enxofre reduzidos; • No caso da deposição de lamas e/ou gradados em aterro sanitário, ocorre a emissão de biogás.	combustíveis fósseis na geração de energia;
• Qualidade do ambiente sonoro	• Emissão de ruído associado ao funcionamento dos equipamentos electromecânicos; • Produção de ruído associado ao transporte de subprodutos.	• Geração de incómodo e desconfiança nas populações circundantes; • Possível tendência para a descredibilização das ETAR por parte da população.
• Paisagem	• Alteração do padrão visual inicial; • Perda de alguns exemplos de fauna e flora com interesse ecológico.	• Tendência para a perda de alguns espaços naturais dando lugar a património edificado.
• Características Ecológicas	• Transformações ao nível do ecossistema aquático (meio receptor) implicando perda e modificação de espécies e alteração da sua dinâmica; • Perda e migração de espécies existentes no local de implementação da ETAR.	• Possível interferência com a prática de actividades como a pesca.
• Características Socio-económicas	• Melhoria da qualidade dos meios receptores; • Melhoria da qualidade de vida das populações e da envolvente; • Possibilidade de geração de emprego e formação profissional; • Elevados consumos de energia associados ao funcionamento da ETAR.	• Elevada dependência do consumo de combustíveis fósseis; • Progressivo recurso a energias renováveis produzidas na própria ETAR (biogás); • A melhoria da qualidade dos meios receptores pode impulsionar o aproveitamento económico e turístico da região.

Perante os resultados obtidos e sua discussão, é notória a importância e peso dos impactes gerados neste processo. O balanço entre, os impactes positivos do tratamento de águas residuais e os impactes negativos, demonstra uma grande variedade de domínios afectados. Se por um lado a qualidade do meio receptor é preservada pelo processo envolvido numa ETAR, outros domínios sofrem impactes significativos, com expressão a nível global.

Efectuando uma comparação com a situação de ausência de tratamento de águas residuais, verificam-se igualmente impactes ambientais, nomeadamente a nível de recursos hídricos e da sua qualidade.

Assim, numa situação em que as águas residuais produzidas numa determinada área não sofrem qualquer tratamento, é no meio receptor que os impactes mais se fazem sentir.

Deste modo, importa perceber a localização da zona de produção de águas residuais em relação aos recursos hídricos próximos, bem como em relação à hidrodinâmica desses recursos.

No que respeita aos usos da água superficial, perante a descarga de efluentes não tratados, esta água poderá apresentar elevada contaminação microbiológica, o que condiciona o uso banhar e piscatório, incrementando a gravidade dos impactes, nomeadamente na saúde pública e na qualidade de vida das populações.

Relativamente aos usos da água subterrânea, o lançamento de águas residuais não tratadas em massas de água ou no solo, pode constituir uma fonte de contaminação microbiológica caso existam captações de água destinada a consumo humano ou para outros fins, como por exemplo, o abastecimento industrial.

Neste sentido, a qualidade da água superficial e subterrânea é afectada assim como a biodiversidade associada ao local, evidenciando-se situações de eutrofização e contaminação microbiológica, que representam impactes significativos directos e indirectos.

A expressão destes impactes depende da evolução prevista para a zona em questão, nomeadamente em termos populacionais ou de implantação prevista de indústria e serviços. Perante a tendência para um maior crescimento populacional, a produção de águas residuais tenderá a aumentar, sendo que os impactes da descarga de águas residuais não tratadas serão mais significativos, o que terá repercussões a nível da qualidade de vida das populações.

No que respeita aos impactes na qualidade do ar e ruído, estes não são directamente influenciados pela ausência de uma ETAR, podendo os seus descritores estar ou não de acordo com a respectiva legislação.

Relativamente aos factores ecológicos e paisagem, os impactes sentidos dependem das pressões já existentes e da evolução prevista para a zona, sendo que a fauna e flora aquáticas são bastante afectadas pela ausência de tratamento de águas residuais.

No que se refere à execução do plano de trabalho definido, considera-se que os objectivos definidos foram alcançados, tendo sido possível relacionar os resultados obtidos com a realidade actual.

No entanto, há a salientar algumas dificuldades sentidas durante a realização deste trabalho, que podem ter comprometido os resultados, embora sem grande gravidade. Algumas das dificuldades foram sentidas na caracterização nacional desta problemática, nomeadamente no conhecimento da localização, grau de tratamento e dimensão das ETAR em território nacional. Estas dificuldades relacionam-se essencialmente com a inexistência de dados caracterizadores de muitas das ETAR em questão.

Adicionalmente e de acordo com a situação nacional analisada, verifica-se uma fracção considerável de ETAR em situação indefinida. Esta situação pode ter comprometido uma caracterização mais próxima da realidade nacional.

Outra dificuldade sentida durante este trabalho refere-se ao cálculo do consumo energético total associado ao tratamento de águas residuais em Portugal. Devido à ausência desta informação na Direcção Geral de Geologia e Energia, este valor foi obtido baseando-se em dados referentes a uma ETAR com uma determinada linha de tratamento. Embora estes valores tenham sido convertidos para o universo populacional servido por cada grau de tratamento, estes podem não reflectir outro tipo de linha de tratamento realizada no país.

A discussão dos resultados obtidos revelou que o tratamento de águas residuais apresenta uma função de despoluição e melhoria da qualidade ambiental e de saúde pública. No entanto, este importante processo requer uma cuidada abordagem e contextualização, pela extensão e intensidade dos impactes que gera, actualmente, em certas regiões.



## 6 CONCLUSÃO

Relativamente à situação nacional no que respeita ao tratamento de águas residuais, verificou-se que a maior concentração de ETAR tem lugar nas regiões do Douro, Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste e na região do Tejo. É também nestas regiões que o número de habitantes servidos com tratamento de águas residuais é mais significativo, comparativamente com o restante território.

De uma maneira geral, predominam as ETAR de tratamento secundário, embora nas regiões do Tejo e Douro, o tratamento terciário apresente já alguma expressão. A eficiência de remoção de carga orgânica é significativa nas regiões de Douro, do Cávado, Ave e Leça e na região do Tejo.

A nível nacional, o tratamento por fossa séptica é ainda bastante expressivo, verificando-se que, apenas nas regiões do Minho, Ribeiras do Algarve e Madeira, o número de fossas sépticas utilizadas como tratamento é inferior ao número de ETAR.

No que respeita à estimativa de impactes gerados verificou-se que estes se estendem a diversas áreas fazendo-se sentir ao nível dos consumos de energia, gás natural e água, emissões atmosféricas e acústicas, produção de lamas e outros subprodutos e ao nível do meio receptor.

Assim, concluiu-se que estes impactes assumem maior expressão nas regiões do Douro, Tejo, Cávado, Ave e Leça, Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste, destacando-se impactes negativos a nível de consumos energéticos e de emissões atmosféricas. No que respeita à produção de lamas, o tratamento de águas residuais nestas regiões, contribui para uma elevada produção de lamas, pelo que os impactes positivos decorrentes da sua valorização poderão ser significativos.

Relativamente ao cálculo da área de Pegada Ecológica, foi possível concluir que esta assume valores mais elevados em regiões onde existe uma maior concentração de ETAR de grau de tratamento secundário e terciário, como as regiões do Tejo, Douro, Cávado, Ave e Leça a região do Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste.

No que respeita à expressão temporal destes valores, concluiu-se que, em regiões menos extensas, o valor da Pegada Ecológica excede a área das respectivas regiões ou excederá brevemente.

Por outro lado, em regiões de maiores dimensões, onde existe um elevado número de ETAR e onde os gastos energéticos são consideráveis, a área da pegada assume valores mais significativos. Assim, e embora se tratem de regiões extensas, o elevado número de ETAR nelas existente, torna o valor da Pegada Ecológica significativo, relativamente à dimensão da própria região.

O valor da Pegada Ecológica referente a emissões atmosféricas geradas no tratamento de águas residuais durante um ano, atendendo à população total servida por tratamento, corresponde a 82 % do território nacional. Em aproximadamente um ano, este valor poderá ultrapassar a área do país.

Em termos globais, concluiu-se que existe um padrão de distribuição de ETAR em território nacional. Assim, as ETAR de menor dimensão localizam-se preferencialmente no interior do país, dispersando-se no território, em virtude do tipo de povoamento. A estas ETAR associam-se impactes significativos no meio receptor devido ao reduzido nível de tratamento que nelas se pratica.

No que respeita às ETAR de maior dimensão, estas localizam-se no litoral, sendo portanto os impactes associados ao seu funcionamento mais significativos, não só pelos maiores consumos e emissões geradas, mas também pela maior exposição populacional associada. No entanto, os impactes sentidos no meio receptor são menos significativos em virtude do grau de tratamento praticado nas ETAR situadas nas regiões litorais mais povoadas. De referir que, os custos per capita associados à concentração dos efluentes (custos de transporte) num só local, aumentam com a dispersão geográfica dos aglomerados populacionais e relevo acentuado, o que assume importância em termos de impactes gerados neste processo.

Em termos globais, esta dissertação realçou a importância de atender ao contexto da utilização de sistemas extensivos ou naturais, *versus*, intensivos ou convencionais. Estes últimos, através de consideráveis consumos energéticos, recorrem a pequenas áreas de implantação por habitante equivalente. Os primeiros, baseando-se em sistemas naturais, implicam maiores áreas de implantação, não representando consumos energéticos apreciáveis.

Assim, o tratamento de águas residuais é tanto mais económico, quanto maior for o número de habitantes equivalentes a tratar num só local, minorando os custos de investimento e exploração per capita. Neste aspecto, os sistemas intensivos apresentam-se como vantajosos. A utilização dos sistemas de tratamento de águas residuais intensivos *versus* extensivos passa pela análise de alguns aspectos referidos nesta dissertação, de forma a minimizar custos, mantendo a qualidade final do efluente.

Assim, as abordagens efectuadas neste trabalho revelam a necessidade de compreender e contrabalançar a questão da dimensão das ETAR, da sua eficiência no contexto adequado e dos impactes que lhe estão associados.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação permitiu concluir que, se por um lado o tratamento de águas residuais possibilita a sua despoluição e devolução ao meio ambiente, acarreta também impactes negativos decorrentes do tratamento de águas residuais que



assumem uma expressão local significativa, sendo que muitos dos impactes gerados apresentam igualmente uma projecção global.

Assim, as emissões atmosféricas e o consumo de energia associado ao tratamento de águas residuais contribuem para problemáticas globais como o aquecimento global e o efeito de estufa. Por outro lado, as lamas produzidas numa ETAR pertencente a uma região podem ser encaminhadas para valorização agrícola de solos situados noutra local, com impactes negativos associados ao seu transporte, mas com implicações positivas para os solos em questão.

As situações evidenciadas durante este trabalho permitiram concluir que, a problemática dos impactes ambientais associados ao tratamento de águas residuais deve ser encarada atendendo a todos os contornos que esta questão assume, excluindo-se abordagens simplistas desta matéria.

É então necessário evoluir sistemas de tratamento, adoptando uma perspectiva mais global, na própria concepção dos sistemas de saneamento de águas residuais.



## **7 Perspectivas de desenvolvimento futuro do tema**

No que respeita ao desenvolvimento de trabalho futuro nesta temática, considera-se que a minimização de impactes associados a um processo tão importante como o tratamento de águas residuais, deveria ser mais desenvolvida. No entanto, se por um lado a minimização de impactes é uma necessidade, quer através de sistemas de desodorização ou de melhores tratamentos para a fase sólida, por outro lado isto implica grandes acréscimos de consumo de energia.

Assim, seria interessante estudar a modelação dos impactes gerados por ETAR, de modo a permitir inferir situações de equilíbrio que deveriam influenciar a respectiva concepção e dimensionamento. Por outro lado, seria também relevante avaliar a possibilidade de incorporar, ao nível do projecto de ETAR, indicadores de impactes, que importaria desenvolver.

Assim, atendendo às diversas áreas afectadas pelos impactes ambientais decorrentes do tratamento de águas residuais, o desenvolvimento de mecanismos de minimização de impactes, monitorização e a criação de indicadores de sustentabilidade do processo surgem como aspectos importantes a desenvolver.

No entanto, a concepção de medidas minimizadoras de impactes devem passar por soluções de carácter contínuo, energeticamente eficientes e que não agravem ou contribuam para um incremento dos impactes gerados.

Neste contexto, será interessante compreender quais as etapas, equipamentos ou processos do tratamento de águas residuais que mais contribuem para os impactes negativos.



## 8 Referências Bibliográficas

- Anne, I., (2003), *Caracterização de duas Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas e seu impacte na qualidade da água do meio receptor – alguns aspectos da dinâmica microbiana num sistema de lagunagem*, Tese de Doutoramento em Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 331 p.
- Antunes, R. e Mano, A, (2004), Odores em Estações de tratamento de águas residuais, 7<sup>o</sup> Congresso da Água, Lisboa.
- Arvin,E e Henze,M, (2001) *Wastewater Treatment: biologic and chemical processes*, 3<sup>rd</sup> edition, Springer.
- Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, 2007, <http://www.apda.pt>
- Atkins e Âmbio, (2006) Estudo de Impacte Ambiental da ETAR Barreiro/Moita – Resumo não Técnico.
- Baertsch, C., Paez-Rubio, T., Viau, E., Peccia, J. (2007). Source Tracking Aerosols Released from Land-Applied Class B Biosolids during High-Wind Events. *Appl. Environ. Microbiol.* 73: 4522-4531.
- Belli Filho, P; de Mello Lisboa, H. (1999), Odor e desodorização de estações de tratamento de efluentes líquidos, *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Desafios para o saneamento ambiental no terceiro milénio*, Rio de Janeiro, ABES, p.1-8.
- Brito, A.M. (2005), *Impacte das Estações de Tratamento de Águas Residuais na Qualidade Microbiológica da Água da Ria Formosa e Consequências para a Produção Conquícola: Abordagem Experimental e Numérica*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 130 p.
- Catim, (2007), *Estudos de Impacte Ambiental*, Acedido em 30 de Maio 2007 em <http://www.catim.pt/Ambiente/>
- Cerqueira, S. (1998), *Avaliação da Contaminação Bacteriológica resultante da Descarga de Águas Residuais por Exutores Submarinos – uma determinação experimental do parâmetro T90*. Dissertação em Engenharia do Ambiente, ramo de Tratamento de Águas e Águas Residuais, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 117 p.
- Chambers, PA. , Allard, M., Walker, SL., Marsalek, J., Lawrence, J., Servos, M. , Busnarda, J., Munger, K.S., Adare, K., Jefferson, C, Kent, R.A. e Wong, MP. (1997), Impacts of municipal wastewater effluents on Canadian waters: A review, *Water Quality Research Journal of Canada*, **Vol. 32**, no. 4, pp. 659-713.
- Cruz,M. E Braz,R., *A eutrofização dos sistemas aquáticos*, Naturlink, acedido em 28 de Maio 2007, em <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=2499&iLingua=1>.
- Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho. *Diário da República nº 139/997 - Série I-A*. Ministério do Ambiente, Ordenamento de Território e Desenvolvimento Regional.

- Decreto Regulamentar nº 26/2002, *Diário da República Sériel-B de 2002-04-05*, Ministério do Ambiente, Ordenamento de Território e Desenvolvimento Regional.
- Dias, J. (2004), *Aplicação de Lamas na Agricultura*, Reciclamas, Lisboa.
- Direcção geral de Energia e Geologia, *Energia Eléctrica – Áreas de Intervenção*, Acedido em 18 de Setembro de 2007 em [www.dgge.pt](http://www.dgge.pt)
- DHVFBO, (2004), Estudo de Impacte Ambiental da Ampliação da ETAR de Agra – Resumo não Técnico.
- Draft Environmental Impact Report for City of Reedley Wastewater Treatment Plant, Julho 2006
- EarthDay Network, *Ecologic Footprint*, acedido em 19 de Agosto de 2007 em <http://www.earthday.net/footprint/index.asp#>
- EEA Core Set of Indicators, acedido em 6 de Maio de 2007 em <http://themes.eea.europa.eu/IMS/CSI>.
- Eckenfelder, W e Musterman, J, (1995), Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater
- European Bank for Reconstruction and Development, *Environmental Impact Study for The Central Wastewater Treatment Plant of Zagreb*, 2000, acedido em Abril 2007 em <http://www.ebrd.com/projects/eias/rijeka.pdf>.
- Environmental Protection Agency (2002), *Onsite wastewater treatment systems manual* – acedido em 29 de Maio em <http://www.adwwa.org/images/Introduction.pdf>.
- Environmental Protection Agency, (2005), Relative Risk Assessment of Treated Wastewater Disposal Alternatives in South Florida.
- Faculdade de Ciências e Tecnologia, *Projects*, Acedido em 4 de Outubro de 2007 em <http://campus.fct.unl.pt/jcf/projects/vfa/respostas/rioave.html>.
- Fannin, K., Vana, S. e Jakubowski, W, (1995) *Effect of an activated sludge wastewater treatment plant on ambient air densities of aerosols containing bacteria and viruses*, 49(5): 1191-1196.
- Footprint Network, (2007) *Ecological Footprint*, Acedido em 20 de Setembro de 2007 em [http://www.footprintnetwork.org/gfn\\_sub.php?content=app\\_carbon\\_footprint](http://www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=app_carbon_footprint)
- Gale, P., Reddy, K., Graetz, D., Phosphorus retention by wetlands soils used for treated wastewater disposal, *Journal of Environmental Quality* ; **Vol. 23** ; ISSUE: 2 ; PBD: Mar-Apr 1994
- Hamilton, A., Stagnitti, F., Premier, R. e Boland, A., (2006), Is the risk of illness through consumed vegetables irrigated with reclaimed wastewater different for different population groups?, *Water Science & Technology*, **Vol 54**, nº11, pp 379-386, IWA

- HidroProjecto, (2003), Estudo de Impacte Ambiental da ETAR Norte – Resumo não Técnico.
- Instituto do Ambiente, (2006), *Inventário Nacional de Gases de Efeito de Estufa*, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, Amadora
- Instituto Nacional da Água, *Barragem do Alto do Cávado*, Acedido em 5 de Outubro de 2007 em [http://cnpqgb.inag.pt/gr\\_barragens/gbportugal/FICHAS/AltoCavadoficha.htm](http://cnpqgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/FICHAS/AltoCavadoficha.htm)
- Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais, Relatório Final 2005, acedido em 3 de Junho 2007 em <http://insaar.inag.pt/>
- Justino, M.F.(2006), *Descarga de águas residuais industriais nos sistemas públicos. Caso de estudo: Município do Cartaxo*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 199 p.
- Lei nº 58/2005, *Diário da República 249 Série I-A de 2005-12-29*, Ministério do Ambiente, Ordenamento de Território e Desenvolvimento Regional.
- Marecos,M. (1987), Tratamento e destino final de águas residuais municipais e industriais no solo, *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Lisboa
- Matos,J. e Monteiro, A. (2003), *Saneamento e Ambiente em Portugal – Reflexões sobre o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2000-2006*, Instituto Superior Técnico , Lisboa.
- Melo,J., (1996), *Textos - Ambiente e consumo - II Volume: Metodologia de Avaliação de Impactes Ambientais*, Centro de Estudos Judiciários, Lisboa.
- METCALF & EDDY INC. (2003), *Wastewater Engineering – Treatment and Reuse*, McGraw Hill Book Company, 4th edition, New York.
- Michael, R. (2005), Sterols and anionic surfactants in urban aerosol: Emissions from wastewater treatment plants in relation to background concentrations, *Environmental science & technology*, vol. **39**, nº12, pp. 4391-4397.
- Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional (2004), *Avaliação do desempenho ambiental das estações de tratamento de águas residuais urbanas em Portugal*, Lisboa.
- Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, (2003) *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013*, Lisboa.
- Munkittrick K.R., Servos M.R., Carey J.H., Van Der Kraak G.J. (1997), Environmental impacts of pulp and paper wastewater: evidence for a reduction in environmental effects at North American pulp mills since 1992, *Water Science and Technology*, **Volume 35**, nº 2, pp. 329-338.

- *Ohio State University Extension*, MacI, K., Wastewater Treatment Principles and Regulations.
- Pagilla, K.R., Urgan-Demirbas, M. e Raman, R. (2006), Low effluent nutrient technologies for wastewater treatment, *Water Science & Technology*, **Vol 53**, nº3, pp 165-172, IWA
- Plano Nacional da Água, acessado em 3 de Junho de 2007, em [www.inag.pt](http://www.inag.pt)
- Procel, (2007), Estudo de Impacte Ambiental da ETAR de Alverca do Ribatejo, Resumo não Técnico.
- Rechenburg, A., Koch, Ch., Classen, Th., e Kistemann, Th., (2006) Impact of Sewage treatment plants and combined sewer overflow basins on microbiological quality of surface water, *Water Science & Technology*, **Vol 54**, nº3, pp 95-99, IWA.
- Redefining Progress, (2007), *Carbon Footprint*, Acessado em 20 de Agosto de 2007 em <http://www.redefiningprogress.org/>.
- Swartz, C., Rudel, A., Kachajian, J. e Brody, J., Historical reconstruction of wastewater and land use impacts to groundwater used for public drinking water: Exposure assessment using chemical data and GIS, *Silent Spring Institute*, Massachusetts.
- The evolution of wastewater treatment, *Onsite Wastewater treatment demonstration project*, acessado em 29 de Maio 2007, em <http://www.cet.nau.edu/Projects/WDP/resources/History/History.htm#modern>.
- Teixeira d'Azevedo, R., *Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Urbanas*, naturlink, acessado em 28 de Maio de 2007, em <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=9539&iLingua=1>.
- U.S. Department of the Interior, *Ground-Water-Quality Data for a Treated-Wastewater Plume Undergoing Natural Restoration, Ashumet Valley, Cape Cod, Massachusetts*, 1994–2004.
- Visvanathan, C., Ben Aim, E., Parameshwaran, K., Membrane Separation Bioreactors for Wastewater Treatment, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Issue 1 January 2000 , pages 1 – 48.
- Water Environment Federation, (2004), Control of Odors and Emissions from Wastewater Treatment Plants.
- Wagner, M. e Strube, I., (2005), Risk Management in Waste Water Treatment, *Water Science & Technology*, **Vol 52**, nº12, pp 53-60, IWA.
- Wetzel, R. e Boavida, M. (2002), *Limnologia*, 2ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Yasui, H., Matsushashi, R., Noike, T. e Haranda, H., (2006), Anaerobic digestion with ozonation partial minimises greenhouse gas emission from sludge treatment and disposal, *Water Science & Technology*, **Vol 53**, nº3, pp 255-263, IWA.



## **Anexos**

**Anexo I**

**Tabela A.1 – Dados representativos dos fluxos materiais associados à ETAR de Chelas**

	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Maió</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outrubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
Caudal Afluente (m <sup>3</sup> )	1 061 006	1 137 156	1 287 398	1 144 021	1 163 500	965 770	930 586	799 155	986 937	1 169 559	1 271 048	1 153 385
Caudal Efluente (m <sup>3</sup> )	1 034 800	955 940	1 176 960	1 101 620	1 163 500	877 540	1 060 800	979 840	1 057 360	1 178 700	1 264 144	1 131 400
Eenergia Adquirida (KWh)	666 227	609 322	671 834	644 996	638 119	482 295	606 922	599 487	614 065	562 111	519 051	547 925
Energia Produzida (KWh)	96 975	85 800	101 325	140 033	161 581	148 425	145 583	122 228	55 425	64 695	106 733	68 798
Lamas Produzidas (t)	902	1 050	1 266	1 316	843	994	933	873	950	631	1 221	1 204
Produção de Areias (m <sup>3</sup> )	30	36	84	78	24	36	18	18	24	60	72	48
Produção de Gradados (m <sup>3</sup> )	12	18	30	24	12	18	12	12	24	30	18	24
Consumo de gás natural (m <sup>3</sup> )	2 527	2 884	3 276	2 407	392	0	0	0	739	2 845	798	1 621
Consumo de água (m <sup>3</sup> )	696	606	545	420	431	429	524	475	454	340	389	381

Tabela A.2 – Balanço energético referente à ETAR Barreiro/Moita

Equipamentos/Etapa de tratamento	Consumo energético anual (KWh)
<b>Elevação inicial</b>	
Electrocompressor centrífugo	642
Parafuso de Arquimedes	1060385
<b>Obra de Entrada</b>	
Tamisador	3 504
Parafuso transportador/Compactador de gradados	4 240
<b>Desarenamento/Desengorduramento</b>	
Ponte raspadora	23 126
Compressores de ar do tipo rotativo	130 874
Grupo electrobomba submersível centrífuga de areias	31 866
Classificador de areias	2 523
Grupo Electrobomba em poço seco (elevação de gorduras)	5 077
Adaptador submersível	15 420
Concentrador de gorduras	26
<b>Decantação Primária</b>	
Ponte raspadora de superfície	15 420
Raspador de fundo	10 372
Grupos electrobomba excêntrico para transporte de lamas primárias para expessamento	10 354
<b>Selector</b>	
Misturador/agitador submersível	63 072
<b>Tanque de arejamento</b>	
Agitador submersível	197 823
<b>Edifício de Compressores</b>	
Compressores de ar	2 466 772
Ventilador, extrator elicoidal	21 024
<b>Decantador Secundário</b>	
Ponte raspadora de fundo e superfície	28 032
Grupo electrobomba submersível para aspiração de lamas decantadas	392 448
<b>Desinfecção – módulos UV</b>	1 340 260
<b>Reservatório de água de serviço</b>	
Electrocompressor centrífugo	642
Conjunto completo de equipamento para pressurização de água de serviço	93 075
<b>Estação Elevatória de Recirculação de lamas e lamas em excesso</b>	
Grupo Electrobomba para lamas secundárias de recirculação	191 114
Grupo Electrobomba para lamas secundárias em excesso	9 595
<b>Estação elevatória de escumas</b>	
Grupo Electrobomba submersível para escumas	701
<b>Coagulação/Floculação</b>	
Electroagitador de eixo vertical	42 048
<b>Preparação e doseamento do Cloreto Férrico</b>	
Bomba doseadora	15 410
<b>Preparação e doseamento de Leite de Cal</b>	
Desagregador	582

**Tabela A.2 - Continuação**

Parafuso doseador	664
Electroadaptador de exixo vertical	10 512
Bomba do rotor excêntrico para bombagem de leite de cal	10 372
<b>Expessador gravítico de lamas</b>	
Ponte raspadora	3 501
Espessamento mecânico de lamas biológicas	
Pré-espessador	5 710
Bomba vertical multicelular	8 375
Preparação e doseamento de polielectrólito para espessamento	
Unidade de preparação do polielectrólito	5 048
Bomba do rotor excêntrico para bombagem de polielectrólito	1 903
<b>Tanque de armazenamento de lamas espessadas</b>	
Agitador submersível	5 256
<b>Elevador de lamas para alimentação dos digestores</b>	
Grupo electrobomba do rotor excêntrico para bombagem de lamas para digestão	20 910
<b>Doseamento de leite de cal</b>	
Bomba do rotor excêntrico para bombagem de leite de cal	146
<b>Circuito de aquecimento das lamas</b>	
Bomba centrífuga de eixo horizontal, para envio de lamas para aquecimento	118 391
<b>Circuito de água quente</b>	
Bomba recirculadora para alimentação de água quente aos permutadores	9 266
Caldeira	4 952
Compressor para alimentação da caldeira	9 265
Ventilador Centrífugo	7 709
Agitação dos digestores	
Grupo electrobomba de eixo horizontal	583 416
<b>Tanque de armazenamento de lamas digeridas</b>	
Adaptador submersível	7 709
<b>Elevação de lamas para alimentação das centrífugas</b>	
Grupo electrobomba de rotor excêntrico para bombagem de lamas digeridas	28 514
<b>Desidratação mecânica de lamas digeridas</b>	
Centrífuga	320 780
<b>Preparação e doseamento de polielectrólito para desidratação</b>	
Unidade de preparação de polielectrólito	5 675
Bomba de rotor excêntrico para bombagem do polielectrólito	2 376
<b>Estabilização química de emergência</b>	
Desagrador/doseador de cal	540
<b>Elevação de lamas desidratadas para silos</b>	
Parafuso transportador de lamas desidratadas	2 614
Grupo electrobomba de rotor excêntrico para bombagem de lamas para os silos	51 859
Bomba doseadora de polielectrólito para alimentação dos silos	3 554
Sistema de extracção do silo	1 714
<b>Desodorização e tratamento de ar</b>	
Ventilador	1 261 440

**Tabela A.2 - Continuação**

Bombas de recirculação	275 502
Bombas doseadoras	158
<b>Diversos</b>	
Iluminação interior, exterior, entre outros	182 500

**Tabela A.3 – Emissões atmosféricas decorrentes do tratamento de águas residuais (Inventário de GEE, 2006)**

<b><i>Emissões (Gg)</i></b>	<b><i>Emissões para o total de população servida (Gg)</i></b>
Emissões CH <sub>4</sub>	32,98
Emissões N <sub>2</sub> O	1,14
Emissões NMCOV	0,17

**Tabela A.4 – Emissões atmosféricas associadas à produção de energia (Inventário de GEE, 2006)**

<b><i>Emissões CO<sub>2</sub></i></b>	<b><i>Emissões (Gg)</i></b>
Emissões totais CO <sub>2</sub>	21 256,14
Emissões totais CH <sub>4</sub>	0,32
Emissões totais N <sub>2</sub> O	0,35